

# I. Disposicions generals

## MINISTERI D'HABITATGE

**5515** REIAL DECRET 314/2006, de 17 de març, pel qual s'aprova el Codi tècnic de l'edificació. («BOE» 74, de 28-3-2006, i «BOE» 22, de 25-1-2008.)

Durant la segona meitat del segle XX uns processos d'urbanització i edificació accelerats han configurat la realitat actual d'una gran part del patrimoni edificat del nostre país. Aquests grans processos d'urbanització han generat uns entorns edificats que satisfan de forma raonable les necessitats bàsiques de la majoria de la població espanyola. Tanmateix, la gran quantitat d'edificació nova construïda els últims anys i en dècades anteriors no sempre ha assolit uns paràmetres de qualitat adaptats a les noves demandes dels ciutadans. Efectivament, la societat espanyola, com passa als països del nostre entorn, reclama cada vegada més qualitat als edificis i als espais urbans.

Aquesta demanda de més qualitat de l'edificació respon a una concepció més exigent del que implica la qualitat de vida per a tots els ciutadans pel que fa a l'ús del medi construït. Respon també a una nova exigència de sostenibilitat dels processos d'edificació i urbanitzadors en la seva triple dimensió ambiental, social i econòmica.

El procés de l'edificació, per la seva incidència directa en la configuració dels espais habitats, implica un compromís de funcionalitat, economia, harmonia i equilibri mediambiental de rellevància evident des del punt de vista de l'interès general i, per tant, de les polítiques del Govern. El sector de l'edificació és a més un dels principals sectors econòmics amb repercussions importants en el conjunt de la societat i en els valors culturals i mediambientals inherents al patrimoni arquitectònic.

Amb els objectius de millorar la qualitat de l'edificació i promoure la innovació i la sostenibilitat, el Govern aprova el Codi tècnic de l'edificació. Es tracta d'un instrument normatiu que fixa les exigències bàsiques de qualitat dels edificis i les seves instal·lacions. A través d'aquesta normativa se satisfan certs requisits bàsics de l'edificació relacionats amb la seguretat i el benestar de les persones, que fan referència tant a la seguretat estructural i de protecció contra incendis com a la salubritat, la protecció contra el soroll, l'estalvi energètic o l'accessibilitat per a persones amb mobilitat reduïda.

Aquesta nova normativa contribueix de manera decisiva al desplegament de les polítiques del Govern d'Espanya en matèria de sostenibilitat, en particular del Pla d'acció de l'estratègia d'estalvi i eficiència energètica, i es converteix en un instrument de compromisos de llarg abast del Govern en matèria mediambiental, com són el Protocol de Kyoto o l'Estratègia de Göteborg.

El Codi tècnic de l'edificació dona compliment als requisits bàsics de l'edificació que estableix la Llei 38/1999, de 5 de novembre, d'ordenació de l'edificació, amb la finalitat de garantir la seguretat de les persones, el benestar de la societat, la sostenibilitat de l'edificació i la protecció del medi ambient. Efectivament, la Llei 38/1999, en

la disposició final segona, autoritza el Govern perquè, mitjançant un reial decret, aprovi un codi tècnic de l'edificació en què s'estableixin les exigències bàsiques que s'han de complir als edificis, amb relació als requisits bàsics relatius a la seguretat i a l'habitabilitat enumerats als apartats b) i c) de l'article 3.1.

D'una banda, l'aprovació del Codi tècnic de l'edificació suposa la superació i modernització del marc normatiu vigent de l'edificació a Espanya, regulat pel Reial decret 1650/1977, de 10 de juny, sobre normativa de l'edificació, que va establir les normes bàsiques de l'edificació com a disposicions de compliment obligat en el projecte i l'execució dels edificis. Dins d'aquest marc jurídic, s'han aprovat diverses normes bàsiques des del 1979, que han format un conjunt obert de disposicions que ha atès les diverses demandes de la societat però que no ha arribat a constituir en si mateix un conjunt coordinat, en la forma d'un codi tècnic de l'edificació, similar als existents en altres països més avançats.

D'altra banda, el Codi tècnic de l'edificació crea un marc normatiu homologable a l'existent als països més avançats i harmonitza la reglamentació nacional vigent en l'edificació amb les disposicions de la Unió Europea vigents en aquesta matèria. En primer lloc, amb les relatives a la lliure circulació de productes de construcció dins del mercat únic europeu i, principalment, amb la Directiva 89/106/CEE del Consell, de 21 de desembre, relativa a l'aproximació de les disposicions legals, reglamentàries i administratives dels estats membres sobre els productes de construcció, transposada al dret intern mitjançant el Reial decret 1630/1992, de 29 de desembre, sobre disposicions per a la lliure circulació de productes de construcció. En segon lloc cal considerar la Directiva 2002/91/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 16 de desembre, relativa a l'eficiència energètica dels edificis, en virtut de la qual s'han incorporat al Codi tècnic de l'edificació les exigències relatives als requisits d'eficiència energètica dels edificis que s'estableixen als articles 4, 5 i 6 d'aquesta Directiva.

Al Codi tècnic de l'edificació, a més d'ordenar-se i completar-se la reglamentació bàsica de l'edificació relacionada amb els requisits bàsics de seguretat i habitabilitat que estableix la Llei 38/1999, es planteja un enfocament orientat cap a exigències bàsiques, en línia amb l'adoptat en l'àmbit de la Unió Europea per la Resolució del Consell, de 5 de maig de 1985, del «nou enfocament» en matèria de reglamentació tècnica.

Igualment, el Codi tècnic de l'edificació s'alinea amb el denominat «enfocament basat en prestacions», promogut per les principals organitzacions internacionals relacionades amb codis d'edificació, com ara el Consell Internacional de l'Edificació o el Comitè Interjurisdiccional de Col·laboració Reglamentària, els dos inspiradors dels codis de països avançats. Aquest enfocament, entre altres avantatges, permet l'obertura del sector a mercats cada dia més globals de productes de construcció i dels professionals del sector. A més, enfront dels tradicionals codis prescriptius, l'adopció d'un codi basat en prestacions suposa una obertura més gran a la innovació que es justifica també per la consideració que els coneixements i la

tecnologia de l'edificació estan en progrés continu, de tal forma que la normativa promogui la investigació i no dificulti el progrés tecnològic.

El Codi tècnic de l'edificació es divideix en dues parts, totes dues de caràcter reglamentari. La primera conté les disposicions de caràcter general (àmbit d'aplicació, estructura, classificació d'usos, etc.) i les exigències que han de complir els edificis per satisfer els requisits de seguretat i habitabilitat de l'edificació.

La segona part està constituïda pels documents bàsics, la utilització adequada dels quals garanteix el compliment de les exigències bàsiques. Contenen procediments, regles tècniques i exemples de solucions que permeten determinar si l'edifici compleix els nivells de prestació establerts. Els documents esmentats no tenen caràcter exclouent. Com a complement per a l'aplicació del Codi es creen els documents reconeguts com a documents tècnics externs i independents del Codi la utilització dels quals facilita el compliment de determinades exigències i que contribueixen al foment de la qualitat de l'edificació.

Per donar la màxima operativitat a aquests documents reconeguts es crea el Registre General del Codi tècnic de l'edificació, en el qual aquests s'han d'inscriure i fer públics, així com els distintius de qualitat o altres avaluacions tècniques voluntàries que contribueixin al compliment del Codi. Igualment es poden inscriure en aquest Registre altres avaluacions tècniques dels productes, equips o sistemes referides a la posada en obra correcta o a les seves prestacions finals, certificacions mediambientals de l'anàlisi del cicle de vida dels productes i altres avaluacions mediambientals que fomentin la millora de la qualitat de l'edificació.

D'altra banda, i sens perjudici de l'entrada en vigor immediata d'aquest Reial decret i de la consegüent aplicació del Codi tècnic de l'edificació, atesa la seva extensió i complexitat, s'ha considerat necessari establir, d'una banda, un règim transitori que permeti l'aplicació temporal de la normativa prèvia fins al moment vigent i que és objecte de derogació en aquest Reial decret i, d'altra banda, un règim transitori per a l'aplicació futura de les noves exigències bàsiques contingudes en el Codi tècnic de l'edificació que s'aprova. A aquest efecte, es preveu en les disposicions transitòries segona i tercera l'existència de dos períodes transitoris, de sis i dotze mesos, aplicables amb relació a les normes que es detallen en cada cas.

Amb relació a això, la disposició derogatòria detalla la normativa bàsica de l'edificació que es deroga, així com altres disposicions reglamentàries que afecten els edificis, com és el cas de les normes bàsiques per a les instal·lacions interiors de subministrament d'aigua i determinats preceptes del Reglament general de policia d'espectacles i activitats recreatives vigent, aprovat pel Reial decret 2816/1982, de 27 d'agost, relatiu a la protecció contra incendis en aquests edificis, ja superats, i que es recullen al Codi tècnic de l'edificació.

En la tramitació d'aquest Reial decret s'han complert els tràmits que estableix la Llei 50/1997, de 27 de novembre, del Govern i el Reial decret 1337/1999, de 31 de juliol, pel qual es regula la remissió d'informació en matèria de normes i reglamentacions tècniques i de les regles relatives als serveis de la societat de la informació, en aplicació de la Directiva 98/34/CE del Consell, de 28 de març, per la qual s'estableix un procediment d'informació en matèria de les normes i reglamentacions tècniques, i han estat escoltades les comunitats autònomes i la Comissió Tècnica per a la Qualitat de l'Edificació, així com les associacions professionals i els sectors afectats.

En virtut d'això, a proposta de la ministra d'Habitatge, d'acord amb el Consell d'Estat i amb la deliberació prèvia del Consell de Ministres en la reunió del dia 17 de març de 2006,

## DISPOSO:

Article únic. *Aprovació del Codi tècnic de l'edificació.*

S'aprova el Codi tècnic de l'edificació, el text del qual s'inclou a continuació.

Disposició transitòria primera. *Edificacions a les quals no s'aplica el Codi tècnic de l'edificació.*

El Codi tècnic de l'edificació no és aplicable a les obres de nova construcció i a les obres als edificis existents que tinguin sol·licitada la llicència d'edificació a l'entrada en vigor d'aquest Reial decret.

Disposició transitòria segona. *Règim d'aplicació de la normativa anterior al Codi tècnic de l'edificació.*

S'estableix el règim d'aplicació transitòria següent per a les disposicions que s'esmenten, sens perjudici de la seva derogació expressa en la disposició derogatòria única d'aquest Reial decret:

1. Durant els sis mesos posteriors a l'entrada en vigor d'aquest Reial decret es poden continuar aplicant les disposicions següents:

a) Reial decret 2429/1979, de 6 de juliol, pel qual s'aprova la Norma bàsica de l'edificació NBE CT-79 «Condicions tèrmiques dels edificis».

b) Reial decret 2177/1996, de 4 d'octubre, pel qual s'aprova la Norma bàsica de l'edificació NBE CPI96 «Condicions de protecció contra incendis dels edificis».

2. Durant els dotze mesos posteriors a l'entrada en vigor d'aquest Reial decret es poden continuar aplicant les disposicions següents:

a) Reial decret 1370/1988, d'11 de novembre, de modificació parcial de la Norma MV-1962 «Accions en l'edificació», que es passa a denominar NBE AE-88 «Accions en l'edificació».

b) Reial decret 1723/1990, de 20 de desembre, pel qual s'aprova la Norma bàsica de l'edificació NBE FL90 «Murs resistents de fàbrica de totxana» aplicat conjuntament amb el Reial decret 1370/1988, d'11 de novembre, de modificació parcial de la Norma MV-1962 «Accions en l'edificació», que es passa a denominar NBE AE-88 «Accions en l'edificació».

c) Reial decret 1829/1995, de 10 de novembre, pel qual s'aprova la Norma bàsica de l'edificació NBE EA-95 «Estructures d'acer en edificació» aplicat conjuntament amb el Reial decret 1370/1988, d'11 de novembre, de modificació parcial de la Norma MV-1962 «Accions en l'edificació», que es passa a denominar NBE AE-88 «Accions en l'edificació».

d) Ordre del ministre d'Indústria de 9 de desembre de 1975 per la qual s'aproven les «Normes bàsiques per a les instal·lacions interiors de subministrament d'aigua».

3. Durant cadascun dels períodes transitoris esmentats es pot optar per aplicar les disposicions normatives a què aquests fan referència o les noves previsions que corresponguin en cada cas contingudes al Codi tècnic de l'edificació que s'aprova.

Disposició transitòria tercera. *Règim d'aplicació del Codi tècnic de l'edificació.*

S'estableix el règim transitori següent per a l'aplicació de les exigències bàsiques que s'esmenten contingudes en el Codi tècnic de l'edificació, sens perjudici del que preveu la disposició final tercera d'aquest Reial decret sobre la seva entrada en vigor:

1. Durant els sis mesos posteriors a l'entrada en vigor d'aquest Reial decret es poden aplicar les exigències bàsiques previstes en els documents bàsics següents:

- «DB SI Seguretat en cas d'incendi».
- «DB SU Seguretat d'ús».
- «DB HE Estalvi d'energia». L'exigència bàsica de limitació de la demanda HE 1 s'ha d'aplicar obligatòriament quan no s'hagi optat per aplicar la disposició esmentada a l'apartat 1.a) de la disposició transitòria segona.

2. Durant els dotze mesos posteriors a l'entrada en vigor d'aquest Reial decret es poden aplicar les exigències bàsiques desplegades als documents bàsics següents:

- «DB SE Seguretat estructural».
- «DB SE-AE Accions en l'edificació».
- «DB SE-C Fonaments» aplicat conjuntament amb els «DB SE Seguretat estructural» i «DB SE-AE Accions en l'edificació».
- «DB SE-A Acer» aplicat conjuntament amb els «DB SE Seguretat estructural» i «DB SE-AE Accions en l'edificació».
- «DB SE-F Fàbrica» aplicat conjuntament amb els «DB SE Seguretat estructural» i «DB SE-AE Accions en l'edificació».
- «DB SE-M Fusta» aplicat conjuntament amb els «DB SE Seguretat estructural» i «DB SE-AE Accions en l'edificació».
- «DB HS Salubritat». L'exigència bàsica de subministrament d'aigua HS 4 s'ha d'aplicar obligatòriament quan no s'hagi optat per aplicar la disposició esmentada en l'apartat 2.d) de la disposició transitòria segona.

3. Una vegada finalitzats cadascun dels períodes transitoris esmentats és obligatòria l'aplicació de les disposicions normatives contingudes al Codi tècnic de l'edificació a què aquests fan referència.

**Disposició transitòria quarta. Començament de les obres.**

Totes les obres als projectes de les quals se'ls concedeixi llicència d'edificació a l'empara de les disposicions transitòries anteriors han de començar en el termini màxim de tres mesos, a comptar de la data de concessió. En cas contrari, els projectes s'han d'adaptar a les noves exigències.

**Disposició derogatòria única. Derogació normativa.**

1. Queden derogades, a partir de l'entrada en vigor d'aquest Reial decret, les disposicions següents:

- Reial decret 1650/1977, de 10 de juny, sobre normativa d'edificació.
- Reial decret 2429/1979, de 6 de juliol, pel qual s'aprova la Norma bàsica de l'edificació NBE CT-79 «Condicions tèrmiques dels edificis».
- Reial decret 1370/1988, d'11 de novembre, de modificació parcial de la Norma MV-1962 «Accions en l'edificació», que es passa a denominar NBE AE-88 «Accions en l'edificació».
- Reial decret 1572/1990, de 30 de novembre, pel qual s'aprova la Norma bàsica de l'edificació NBE QB-90 «Cobertes amb materials bituminosos» i Ordre del Ministeri de Foment de 5 de juliol de 1996 per la qual s'actualitza l'apèndix «Normes UNE de referència» de la Norma bàsica de l'edificació NBE QB-90.
- Reial decret 1723/1990, de 20 de desembre, pel qual s'aprova la Norma bàsica de l'edificació NBE FL90 «Murs resistents de fàbrica de totxana».

f) Reial decret 1829/1995, de 10 de novembre, pel qual s'aprova la Norma bàsica de l'edificació NBEEA95 «Estructures d'acer en edificació».

g) Reial decret 2177/1996, de 4 d'octubre, pel qual s'aprova la Norma bàsica de l'edificació NBE CPI96 «Condicions de protecció contra incendis dels edificis».

h) Ordre del ministre d'Indústria de 9 de desembre de 1975 per la qual s'aproven les «Normes bàsiques per a les instal·lacions interiors de subministrament d'aigua».

i) Articles del 2 al 9, tots dos inclosos, i articles del 20 al 23, tots dos inclosos, excepte l'apartat 2 de l'article 20 i l'apartat 3 de l'article 22 del Reial decret 2816/1982, de 27 d'agost, pel qual s'aprova el Reglament general de policia d'espectacles i activitats recreatives.

2. Així mateix, queden derogades totes les disposicions del mateix rang o inferior que s'oposin al que estableix aquest Reial decret.

**Disposició final primera. Títol competencial.**

Aquest Reial decret té caràcter bàsic i es dicta a l'empara de les competències que s'atribueixen a l'Estat en els articles 149.1.16a, 23a i 25a de la Constitució espanyola en matèria de bases i coordinació nacional de la sanitat, protecció del medi ambient i bases del règim miner i energètic, respectivament.

**Disposició final segona. Normativa de prevenció de riscos laborals.**

Les exigències del Codi tècnic de l'edificació s'apliquen sens perjudici de l'obligatorietat del compliment de la normativa de prevenció de riscos laborals que sigui aplicable.

**Disposició final tercera. Habilitació per al desenvolupament reglamentari.**

S'habilita la ministra d'Habitatge perquè aprovi, mitjançant ordre ministerial, les modificacions i revisions periòdiques que siguin necessàries dels documents bàsics del Codi tècnic de l'edificació, així com l'organització i el funcionament del Registre General del Codi tècnic de l'edificació, i totes les disposicions que siguin necessàries per al desenvolupament i el compliment del que estableix aquest Reial decret.

**Disposició final quarta. Entrada en vigor.**

Aquest Reial decret entra en vigor l'endemà de la publicació en el «Butlletí Oficial de l'Estat».

Madrid, 17 de març de 2006.

JUAN CARLOS R.

La ministra d'Habitatge,  
MARÍA ANTONIATRUJILLO RINCÓN

## CODI TÈCNIC DE L'EDIFICACIÓ (CTE)

### PART I

#### Índex

- Capítol 1. Disposicions generals.
- Article 1. Objecte.
- Article 2. Àmbit d'aplicació.
- Article 3. Contingut del CTE.
- Article 4. Documents reconeguts i Registre General del CTE.

## Capítol 2. Condicions tècniques i administratives.

### Article 5. Condicions generals per al compliment del CTE.

#### 5.1 Generalitats.

5.2 Conformitat amb el CTE dels productes, equips i materials.

### Article 6. Condicions del projecte.

#### 6.1 Generalitats.

#### 6.2 Control del projecte.

### Article 7. Condicions en l'execució de les obres.

#### 7.1 Generalitats.

7.2 Control de recepció en obra de productes, equips i sistemes.

#### 7.3 Control d'execució de l'obra.

#### 7.4 Control de l'obra acabada.

### Article 8. Condicions de l'edifici.

#### 8.1 Documentació de l'obra executada.

#### 8.2 Ús i conservació de l'edifici.

## Capítol 3. Exigències bàsiques.

### Article 9. Generalitats.

### Article 10. Exigències bàsiques de seguretat estructural (SE).

#### 10.1 Exigència bàsica SE 1: Resistència i estabilitat.

#### 10.2 Exigència bàsica SE 2: Aptitud al servei.

### Article 11. Exigències bàsiques de seguretat en cas d'incendi (SI).

#### 11.1 Exigència bàsica SI 1: Propagació interior.

#### 11.2 Exigència bàsica SI 2: Propagació exterior.

#### 11.3 Exigència bàsica SI 3: Evacuació d'ocupants.

11.4 Exigència bàsica SI 4: Instal·lacions de protecció contra incendis.

#### 11.5 Exigència bàsica SI 5: Intervenció de bombers.

11.6 Exigència bàsica SI 6: Resistència estructural a l'incendi.

### Article 12. Exigències bàsiques de seguretat d'ús (SU).

12.1 Exigència bàsica SU 1: Seguretat davant del risc de caigudes.

12.2 Exigència bàsica SU 2: Seguretat davant del risc d'impacte o d'atrapament.

12.3 Exigència bàsica SU 3: Seguretat davant del risc d'immobilització.

12.4 Exigència bàsica SU 4: Seguretat davant del risc causat per il·luminació inadequada.

12.5 Exigència bàsica SU 5: Seguretat davant del risc causat per situacions amb alta ocupació.

12.6 Exigència bàsica SU 6: Seguretat davant del risc d'ofegament.

12.7 Exigència bàsica SU 7: Seguretat davant del risc causat per vehicles en moviment.

12.8 Exigència bàsica SU 8: Seguretat davant del risc causat per l'acció del llamp.

### Article 13. Exigències bàsiques de salubritat (HS).

13.1 Exigència bàsica HS 1: Protecció contra la humitat.

13.2 Exigència bàsica HS 2: Recollida i evacuació de residus.

13.3 Exigència bàsica HS 3: Qualitat de l'aire interior.

13.4 Exigència bàsica HS 4: Subministrament d'aigua.

13.5 Exigència bàsica HS 5: Evacuació d'aigües.

Article 14. Exigències bàsiques de protecció davant del soroll (HR).

Article 15. Exigències bàsiques d'estalvi d'energia (HE).

15.1 Exigència bàsica HE 1: Limitació de demanda energètica.

15.2 Exigència bàsica HE 2: Rendiment de les instal·lacions tèrmiques.

15.3 Exigència bàsica HE 3: Eficiència energètica de les instal·lacions d'il·luminació.

15.4 Exigència bàsica HE 4: Contribució solar mínima d'aigua calenta sanitària.

15.5 Exigència bàsica HE 5: Contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica.

Annex I. Contingut del projecte.

Annex II. Documentació del seguiment de l'obra.

Annex III. Terminologia.

## CAPÍTOL 1

### Disposicions generals

#### Article 1. *Objecte.*

1. El Codi tècnic de l'edificació, d'ara endavant CTE, és el marc normatiu pel qual es regulen les exigències bàsiques de qualitat que han de complir els edificis, incloses les seves instal·lacions, per satisfer els requisits bàsics de seguretat i habitabilitat en desplegament del que preveu la disposició final segona de la Llei 38/1999, de 5 de novembre, d'ordenació de l'edificació, d'ara endavant LOE.

2. El CTE estableix les exigències bàsiques esmentades per a cadascun dels requisits bàsics de «seguretat estructural», «seguretat en cas d'incendi», «seguretat d'ús», «higiene, salut i protecció del medi ambient», «protecció contra el soroll» i «estalvi d'energia i aïllament tèrmic» que estableix l'article 3 de la LOE i proporciona procediments que permeten acreditar-ne el compliment amb prou garanties tècniques.

3. Els requisits bàsics relatius a la «funcionalitat» i els aspectes funcionals dels elements constructius es regeixen per la seva normativa específica.

4. Les exigències bàsiques s'han de complir en el projecte, la construcció, el manteniment i la conservació dels edificis i les seves instal·lacions.

#### Article 2. *Àmbit d'aplicació.*

1. El CTE és aplicable, en els termes establerts a la LOE i amb les limitacions que s'hi determinen, a les edificacions públiques i privades els projectes de les quals hagin de disposar de la llicència o autorització corresponent legalment exigible.

2. El CTE s'aplica a les obres d'edificació de nova construcció, excepte a les construccions de senzillesa tècnica i d'escassa entitat constructiva, que no tinguin caràcter residencial o públic, ja sigui de forma eventual o permanent, que es duguin a terme en una sola planta i no afectin la seguretat de les persones.

3. Igualment, el CTE s'aplica a les obres d'ampliació, modificació, reforma o rehabilitació que es realitzin en edificis existents, sempre que aquestes siguin compatibles amb la naturalesa de la intervenció i, si s'escau, amb el grau de protecció que puguin tenir els edificis afectats. La possible incompatibilitat d'aplicació s'ha de justificar en el projecte i, si s'escau, s'ha de compensar amb mesures alternatives que siguin tècnicament i econòmicament viables.

4. A aquests efectes, s'entén per obres de rehabilitació les que tinguin per objecte actuacions tendents a aconseguir algun dels resultats següents:

a) L'adequació estructural, considerant com a tal les obres que proporcionin a l'edifici condicions de seguretat constructiva, de forma que quedi garantida la seva estabilitat i resistència mecànica.

b) L'adequació funcional, entenent com a tal la realització de les obres que proporcionin a l'edifici millors condicions respecte dels requisits bàsics a què es refereix aquest CTE. Es consideren, en tot cas, obres per a l'adequació funcional dels edificis les actuacions que tinguin per finalitat la supressió de barreres i la promoció de l'accessibilitat, de conformitat amb la normativa vigent; o

c) La remodelació d'un edifici amb habitatges que tingui per objecte modificar la superfície destinada a habitatge o modificar el nombre d'habitatges o la remodelació d'un edifici sense habitatges que tingui per finalitat crear-ne.

5. S'entén que una obra és de rehabilitació integral quan té per objecte actuacions tendents a tots els fins descrits en aquest apartat.

El projectista ha d'indicar a la memòria del projecte en quin o quins dels supòsits esmentats es poden inscriure les obres projectades i si aquestes inclouen o no actuacions en l'estructura preexistent; en cas negatiu, s'entén que les obres no impliquen el risc de dany esmentat a l'article 17.1.a) de la LOE.

6. En tot cas, cal comprovar el compliment de les exigències bàsiques del CTE quan es vulgui canviar l'ús característic en edificis existents, encara que això no impliqui necessàriament la realització d'obres.

7. La classificació dels edificis i les seves zones s'ha d'atènyer al que disposa l'article 2 de la LOE, si bé, en determinats casos, en els documents bàsics d'aquest CTE es poden classificar els edificis i les seves dependències d'acord amb les característiques específiques de l'activitat a què estigui previst que es dediquin, amb la finalitat d'adequar les exigències bàsiques als possibles riscos associats a les activitats esmentades. Quan l'activitat particular d'un edifici o una zona no es trobi entre les classificacions previstes s'ha d'adoptar, per analogia, una de les establertes o bé s'ha de realitzar un estudi específic del risc associat a aquesta activitat particular basant-se en els factors i criteris d'avaluació de risc següents:

- a) Les activitats previstes que els usuaris realitzin.
- b) Les característiques dels usuaris.
- c) El nombre de persones que habitualment ocupen l'edifici, el visiten, l'usen o hi treballen.
- d) La vulnerabilitat o la necessitat d'una protecció especial per motius d'edat, com nens o ancians, per una discapacitat física, sensorial o psíquica o per altres que puguin afectar la capacitat de prendre decisions, sortir de l'edifici sense ajuda d'altres o tolerar situacions adverses.
- e) La familiaritat amb l'edifici i els seus mitjans d'evacuació.
- f) El temps i període d'ús habitual.
- g) Les característiques dels continguts previstos.
- h) El risc admissible en situacions extraordinàries.
- i) El nivell de protecció de l'edifici.

### Article 3. *Contingut del CTE.*

1. Amb la finalitat de facilitar-ne la comprensió, desenvolupament, utilització i actualització, el CTE s'ordena en dues parts:

a) La primera conté les disposicions i condicions generals d'aplicació del CTE i les exigències bàsiques que han de complir els edificis; i

b) La segona està formada pels denominats documents bàsics, d'ara endavant DB, per al compliment de les exigències bàsiques del CTE. Aquests documents, basats en el coneixement consolidat de les diferents tècniques constructives, s'han d'actualitzar en funció dels avenços tècnics i les demandes socials i s'han d'aprovar reglamentàriament.

2. Els DB contenen:

a) La caracterització de les exigències bàsiques i la seva quantificació, en la mesura que el desenvolupament científic i tècnic de l'edificació ho permet, mitjançant l'establiment dels nivells o valors límit de les prestacions dels edificis o les seves parts, enteses com el conjunt de característiques qualitatives o quantitatives de l'edifici, identificables objectivament, que en determinen l'aptitud per complir les exigències bàsiques corresponents.

b) Uns procediments la utilització dels quals acredita el compliment de les exigències bàsiques, concretats en forma de mètodes de verificació o solucions sancionades per la pràctica. També poden contenir remissió o referència a instruccions, reglaments o altres normes tècniques als efectes d'especificació i control dels materials, mètodes d'assaig i dades o procediments de càlcul, que s'han de tenir en compte en la redacció del projecte de l'edifici i la seva construcció.

### Article 4. *Documents reconeguts i Registre General del CTE.*

1. Com a complement dels documents bàsics, de caràcter reglamentari, inclosos en el CTE i amb la finalitat d'aconseguir una màxima eficàcia en la seva aplicació, es creen els documents reconeguts del CTE, definits com a documents tècnics, sense caràcter reglamentari, que tinguin el reconeixement del Ministeri d'Habitatge, que n'ha de mantenir un registre públic.

2. Els documents reconeguts poden tenir el contingut següent:

a) Especificacions i guies tècniques o codis de bona pràctica que incloguin procediments de disseny, càlcul, execució, manteniment i conservació de productes, elements i sistemes constructius.

b) Mètodes d'avaluació i solucions constructives, programes informàtics, dades estadístiques sobre la sinistralitat en l'edificació o altres bases de dades.

c) Comentaris sobre l'aplicació del CTE; o

d) Qualsevol altre document que faciliti l'aplicació del CTE, exclosos els que es refereixin a la utilització d'un producte o sistema constructiu particular o sota patent.

3. Es crea, al Ministeri d'Habitatge, i adscrit a la Direcció General d'Arquitectura i Política d'Habitatge, el Registre General del CTE, que té caràcter públic i informatiu.

4. Els documents reconeguts del CTE s'han d'inscriure en el Registre General esmentat. També s'hi poden inscriure:

a) Les marques, els segells, les certificacions de conformitat i altres distintius de qualitat voluntaris de les característiques tècniques dels productes, els equips o els sistemes que s'incorporin als edificis i que contribueixin al compliment de les exigències bàsiques.

b) Els sistemes de certificació de conformitat de les prestacions finals dels edificis, les certificacions de conformitat que posseeixin els agents que intervenen en l'execució de les obres, les certificacions mediambientals que considerin l'anàlisi del cicle de vida dels productes, altres avaluacions mediambientals d'edificis i altres certificacions que facilitin el compliment del CTE i fomentin la millora de la qualitat de l'edificació.

c) Els organismes autoritzats per les administracions públiques competents per a la concessió d'avaluacions tècniques de la idoneïtat de productes o sistemes innovadors o altres autoritzacions o acreditacions d'organismes i entitats que avalin la prestació de serveis que faciliten l'aplicació del CTE.

## CAPÍTOL 2

### Condicions tècniques i administratives

Article 5. *Condicions generals per al compliment del CTE.*

#### 5.1 Generalitats.

1. Són responsables de l'aplicació del CTE els agents que participen en el procés de l'edificació, segons el que estableix el capítol III de la LOE.

2. Per assegurar que un edifici satisfà els requisits bàsics de la LOE esmentats a l'article 1 d'aquest CTE i que compleix les exigències bàsiques corresponents, els agents que intervenen en el procés de l'edificació, en la mesura que afecti la seva intervenció, han de complir les condicions que el CTE estableix per a la redacció del projecte, l'execució de l'obra i el manteniment i la conservació de l'edifici.

3. Per justificar que un edifici compleix les exigències bàsiques que s'estableixen en el CTE es pot optar per:

a) Adoptar solucions tècniques basades en els DB, l'aplicació en el projecte, en l'execució de l'obra o en el manteniment i la conservació de l'edifici dels quals és suficient per acreditar el compliment de les exigències bàsiques relacionades amb els DB esmentats; o

b) Solucions alternatives, enteses com les que s'apartin totalment o parcialment dels DB. El projectista o el director d'obra poden adoptar, sota la seva responsabilitat i amb la conformitat prèvia del promotor, solucions alternatives, sempre que justifiquin documentalment que l'edifici projectat compleix les exigències bàsiques del CTE perquè les seves prestacions són, almenys, equivalents a les que s'obtidrien per l'aplicació dels DB.

5.2 Conformitat amb el CTE dels productes, equips i materials.

1. Els productes de construcció que s'incorporin permanentment als edificis, en funció del seu ús previst, han de portar el marcatge CE, de conformitat amb la Directiva 89/106/CEE de productes de construcció, transposada pel Reial decret 1630/1992, de 29 de desembre, modificat pel Reial decret 1329/1995, de 28 de juliol, i disposicions de desenvolupament o altres directives europees que els siguin aplicables.

2. En determinats casos, i amb la finalitat d'assegurar la seva suficiència, els DB estableixen les característiques tècniques de productes, equips i sistemes que s'incorporin als edificis, sens perjudici del marcatge CE que els sigui aplicable d'acord amb les directives europees corresponents.

3. Les marques, segells, certificacions de conformitat o altres distintius de qualitat voluntaris que facilitin el compliment de les exigències bàsiques del CTE poden ser reconeguts per les administracions públiques competents.

4. També es poden reconèixer, d'acord amb el que estableix l'apartat anterior, les certificacions de conformitat de les prestacions finals dels edificis, les certificacions de conformitat que posseeixin els agents que intervenen en l'execució de les obres, les certificacions mediambientals que considerin l'anàlisi del cicle de vida dels produc-

tes, altres avaluacions mediambientals d'edificis i altres certificacions que facilitin el compliment del CTE.

5. Es consideren conformes al CTE els productes, equips i sistemes innovadors que demostrin el compliment de les exigències bàsiques del CTE referents als elements constructius en què intervenen, mitjançant una avaluació tècnica favorable de la seva idoneïtat per a l'ús previst, concedida, a l'entrada en vigor del CTE, per les entitats autoritzades a aquest efecte per les administracions públiques competents en aplicació dels criteris següents:

a) Actuar amb imparcialitat, objectivitat i transparència i disposar de l'organització adequada i de personal tècnic competent.

b) Tenir experiència contrastada en la realització d'exàmens, proves i avaluacions, avalada per la implantació adequada de sistemes de gestió de la qualitat dels procediments d'assaig, inspecció i seguiment de les avaluacions concedides.

c) Disposar d'un reglament, expressament aprovat per l'Administració que autoritzi l'entitat, que reguli el procediment de concessió i que garanteixi la participació en el procés d'avaluació d'una representació equilibrada dels diferents agents de l'edificació.

d) Mantenir una informació permanent al públic, de lliure disposició, sobre la vigència de les avaluacions tècniques d'aptitud concedides, així com sobre el seu abast; i

e) Vigilar el manteniment de les característiques dels productes, equips o sistemes objecte de l'avaluació de la idoneïtat tècnica favorable.

6. El reconeixement de les administracions públiques competents que s'estableix als apartats 5.2.3, 5.2.4 i 5.2.5 es refereix a les marques, segells, certificacions de conformitat o altres distintius de qualitat voluntaris, així com a les certificacions de conformitat de les prestacions finals dels edificis, les certificacions mediambientals i les autoritzacions de les entitats que concedeixin avaluacions tècniques de la idoneïtat, legalment concedits en els estats membres de la Unió i en els estats signants de l'Acord sobre l'Espai Econòmic Europeu.

Article 6. *Condicions del projecte.*

#### 6.1 Generalitats.

1. El projecte ha de descriure l'edifici i n'ha de definir les obres d'execució amb el detall suficient perquè es puguin valorar i interpretar inequívocament durant la seva execució.

2. En particular, i amb relació al CTE, el projecte ha de definir les obres projectades amb el detall adequat a les seves característiques, de manera que es pugui comprovar que les solucions proposades compleixen les exigències bàsiques d'aquest CTE i d'altres normatives aplicables. Aquesta definició inclou, almenys, la informació següent:

a) Les característiques tècniques mínimes que han de presentar els productes, equips i sistemes que s'incorporin de forma permanent a l'edifici projectat, així com les seves condicions de subministrament, les garanties de qualitat i el control de recepció que s'hagi de realitzar.

b) Les característiques tècniques de cada unitat d'obra, amb indicació de les condicions per a la seva execució i les verificacions i controls a realitzar per comprovar-ne la conformitat amb el que indica el projecte. S'han de precisar les mesures a adoptar durant l'execució de les obres i en l'ús i manteniment de l'edifici per assegurar la compatibilitat entre els diferents productes, elements i sistemes constructius.

c) Les verificacions i les proves de servei que, si s'escau, s'hagin de realitzar per comprovar les prestacions finals de l'edifici; i

d) Les instruccions d'ús i manteniment de l'edifici acabat, de conformitat amb el que preveu el CTE i altres normatives que siguin aplicables.

3. Als efectes de la seva tramitació administrativa, qualsevol projecte d'edificació es pot dur a terme en dues etapes: la fase de projecte bàsic i la fase de projecte d'execució. Cadascuna d'aquestes fases del projecte ha de complir les condicions següents:

a) El projecte bàsic ha de definir les característiques generals de l'obra i les seves prestacions mitjançant l'adopció i justificació de solucions concretes. El seu contingut ha de ser suficient per sol·licitar la llicència municipal d'obres, les concessions o altres autoritzacions administratives, però insuficient per iniciar la construcció de l'edifici. Encara que el seu contingut no permeti verificar totes les condicions que exigeix el CTE, ha de definir les prestacions que l'edifici projectat ha de proporcionar per complir les exigències bàsiques i, en cap cas, n'ha d'impendir el compliment; i

b) El projecte d'execució ha de desenvolupar el projecte bàsic i definir l'obra totalment sense que s'hi puguin rebaixar les prestacions declarades en el bàsic, ni es puguin alterar els usos i les condicions sota les quals, si s'escau, es van atorgar la llicència municipal d'obres, les concessions o altres autoritzacions administratives, llevat d'aspectes legalitzables. El projecte d'execució ha d'incloure els projectes parcials o altres documents tècnics que, si s'escau, l'hagin de desenvolupar o completar, els quals s'han d'integrar en el projecte com a documents diferenciats sota la coordinació del projectista.

4. En l'annex I figuren els continguts del projecte d'edificació, sens perjudici del que, si s'escau, estableixin les administracions competents.

## 6.2 Control del projecte.

1. El control del projecte té per objecte verificar el compliment del CTE i altres normatives aplicables i comprovar-ne el grau de definició, la qualitat i tots els aspectes que puguin tenir incidència en la qualitat final de l'edifici projectat. Aquest control es pot referir a totes o algunes de les exigències bàsiques relatives a un o diversos requisits bàsics esmentats a l'article 1.

2. Els DB estableixen, si s'escau, els aspectes tècnics i formals del projecte que hagin de ser objecte de control per a l'aplicació dels procediments necessaris per al compliment de les exigències bàsiques.

## Article 7. Condicions en l'execució de les obres.

### 7.1 Generalitats.

1. Les obres de construcció de l'edifici s'han de portar a terme de conformitat amb el projecte i les seves modificacions autoritzades pel director d'obra amb la conformitat prèvia del promotor, amb la legislació aplicable, amb les normes de la bona pràctica constructiva i amb les instruccions del director d'obra i del director de l'execució de l'obra.

2. Durant la construcció de l'obra cal elaborar la documentació reglamentàriament exigible. S'hi ha d'incloure, sens perjudici del que estableixin altres administracions públiques competents, la documentació del control de qualitat realitzat al llarg de l'obra. A l'annex II es detalla, amb caràcter indicatiu, el contingut de la documentació del seguiment de l'obra.

3. Quan en el desenvolupament de les obres intervinguin diversos tècnics per dirigir les obres de projectes parcials, ho han de fer sota la coordinació del director d'obra.

4. Durant la construcció de les obres el director d'obra i el director de l'execució de l'obra han de realitzar, segons les seves competències respectives, els controls següents:

a) Control de recepció en obra dels productes, equips i sistemes que se subministrin a les obres d'acord amb l'article 7.2.

b) Control d'execució de l'obra d'acord amb l'article 7.3; i

c) Control de l'obra acabada d'acord amb l'article 7.4.

7.2 Control de recepció en obra de productes, equips i sistemes: el control de recepció té per objecte comprovar que les característiques tècniques dels productes, equips i sistemes subministrats satisfan el que s'exigeix en el projecte. Aquest control comprèn:

a) El control de la documentació dels subministraments, realitzat d'acord amb l'article 7.2.1.

b) El control mitjançant distintius de qualitat o avaluacions tècniques d'idoneïtat, segons l'article 7.2.2; i

c) El control mitjançant assajos, d'acord amb l'article 7.2.3.

7.2.1 Control de la documentació dels subministraments: els subministradors han de lliurar al constructor, qui alhora els ha de facilitar al director d'execució de l'obra, els documents d'identificació del producte exigits per la normativa de compliment obligat i, si s'escau, pel projecte o per la direcció facultativa. Aquesta documentació comprèn, almenys, els documents següents:

a) Els documents d'origen, full de subministrament i etiquetatge.

b) El certificat de garantia del fabricant, signat per una persona física; i

c) Els documents de conformitat o les autoritzacions administratives exigides reglamentàriament, inclosa la documentació corresponent al marcatge CE dels productes de construcció, quan sigui pertinent, d'acord amb les disposicions que siguin transposició de les directives europees que afectin els productes subministrats.

7.2.2 Control de recepció mitjançant distintius de qualitat i avaluacions d'idoneïtat tècnica.

1. El subministrador ha de proporcionar la documentació necessària sobre:

a) Els distintius de qualitat que posseeixin els productes, equips o sistemes subministrats que n'assegurin les característiques tècniques exigides al projecte i ha de documentar, si s'escau, el reconeixement oficial del distintiu d'acord amb el que estableix l'article 5.2.3; i

b) Les avaluacions tècniques d'idoneïtat per a l'ús previst de productes, equips i sistemes innovadors, d'acord amb el que estableix l'article 5.2.5, i la constància del manteniment de les seves característiques tècniques.

2. El director de l'execució de l'obra ha de verificar que aquesta documentació és suficient per a l'acceptació dels productes, equips i sistemes emparats per aquesta.

### 7.2.3 Control de recepció mitjançant assajos.

1. Per verificar el compliment de les exigències bàsiques del CTE pot ser necessari, en determinats casos, realitzar assajos i proves sobre alguns productes, segons el que estableix la reglamentació vigent, o bé segons el que especifiqui el projecte o el que ordeni la direcció facultativa.

2. La realització d'aquest control s'ha d'efectuar d'acord amb els criteris establerts en el projecte o indicats per la direcció facultativa sobre el mostreig del producte,

els assajos a realitzar, els criteris d'acceptació i rebuig i les accions a adoptar.

### 7.3 Control d'execució de l'obra.

1. Durant la construcció, el director de l'execució de l'obra ha de controlar l'execució de cada unitat d'obra i n'ha de verificar el replantejament, els materials que s'utilitzin, l'execució i disposició correctes dels elements constructius i de les instal·lacions, així com les verificacions i altres controls a realitzar per comprovar-ne la conformitat amb el que indica al projecte, la legislació aplicable, les normes de bona pràctica constructiva i les instruccions de la direcció facultativa. En la recepció de l'obra executada es poden tenir en compte les certificacions de conformitat que posseeixin els agents que intervenen, així com les verificacions que, si escau, realitzin les entitats de control de qualitat de l'edificació.

2. Cal comprovar que s'han adoptat les mesures necessàries per assegurar la compatibilitat entre els diferents productes, elements i sistemes constructius.

3. En el control d'execució de l'obra s'han d'adoptar els mètodes i procediments que s'inclouen en les avaluacions tècniques d'idoneïtat per a l'ús previst de productes, equips i sistemes innovadors previstes a l'article 5.2.5.

7.4 Control de l'obra acabada: en l'obra acabada, bé sobre l'edifici en el seu conjunt o bé sobre les seves diferents parts i les seves instal·lacions, parcialment o totalment acabades, s'han de realitzar, a més de les que es puguin establir voluntàriament, les comprovacions i proves de servei previstes al projecte o ordenades per la direcció facultativa i les exigides per la legislació aplicable.

## Article 8. *Condicions de l'edifici.*

### 8.1 Documentació de l'obra executada.

1. El contingut del Llibre de l'edifici establert a la LOE i per les administracions públiques competents s'ha de completar amb el que estableixin, si s'escau, els DB per al compliment de les exigències bàsiques del CTE.

2. Cal incloure al Llibre de l'edifici la documentació indicada a l'article 7.2 dels productes, equips i sistemes que s'incorporin a l'obra.

3. Ha de contenir, així mateix, les instruccions d'ús i manteniment de l'edifici acabat de conformitat amb el que estableix aquest CTE i altres normatives aplicables, incloent un pla de manteniment de l'edifici amb la planificació de les operacions programades per al manteniment de l'edifici i de les seves instal·lacions.

### 8.2 Ús i conservació de l'edifici.

1. L'edifici i les seves instal·lacions s'han d'utilitzar adequadament de conformitat amb les instruccions d'ús, i cal abstenir-se de fer un ús incompatible amb el previst. Els propietaris i els usuaris han de comunicar als responsables del manteniment qualsevol anomalia que s'observi en el funcionament normal de l'edifici.

2. L'edifici s'ha de conservar en bon estat mitjançant un manteniment adequat. Això suposa la realització de les accions següents:

a) Portar a terme el pla de manteniment de l'edifici i encarregar a un tècnic competent les operacions programades per al seu manteniment i el de les seves instal·lacions.

b) Realitzar les inspeccions establertes reglamentàriament i conservar-ne la documentació corresponent; i

c) Documentar al llarg de la vida útil de l'edifici totes les intervencions, ja siguin de reparació, reforma o rehabilitació realitzades sobre aquest, i consignar-les al Llibre de l'edifici.

## CAPÍTOL 3

### Exigències bàsiques

#### Article 9. *Generalitats.*

1. Els requisits bàsics de seguretat i habitabilitat que la LOE estableix en l'apartat 1 b) i c) de l'article 3 com a objectius de qualitat de l'edificació es desenvolupen en aquest CTE, de conformitat amb el que disposa la llei esmentada, mitjançant les exigències bàsiques corresponents a cadascun d'aquests.

2. Als articles següents figuren les exigències bàsiques esmentades com a prestacions de caràcter qualitatiu que els edificis han de complir per assolir la qualitat que la societat requereix. La seva especificació i, si s'escau, la seva quantificació establerta als documents bàsics que s'inclouen a la part II d'aquest CTE determinen la forma i les condicions en què s'han de complir les exigències, mitjançant la fixació de nivells objectius o valors límit de la prestació o altres paràmetres. Els nivells o valors límit esmentats són de compliment obligat quan així ho estableixin expressament els documents bàsics corresponents. A més, els DB inclouen procediments, no excloents, l'aplicació dels quals implica el compliment de les exigències bàsiques d'acord amb l'estat actual dels coneixements.

3. Els termes que apareixen en lletra cursiva s'han d'utilitzar d'acord amb el significat que s'estableix per a cadascun d'ells a l'annex III.

#### Article 10. *Exigències bàsiques de seguretat estructural (SE).*

1. L'objectiu del requisit bàsic «Seguretat estructural» consisteix a assegurar que l'edifici té un *comportament estructural adequat* davant de les *accions i influències previsibles* a què pugui estar sotmès durant la seva *construcció i ús previst*.

2. Per satisfer aquest objectiu, els edificis s'han de projectar, fabricar, construir i mantenir de forma que compleixin una fiabilitat adequada a les exigències bàsiques que s'estableixen en els apartats següents.

3. Els documents bàsics «DB SE Seguretat estructural», «DB-SE-AE Accions en l'edificació», «DB-SE-C Fonaments», «DB-SE-A Acer», «DB-SE-F Fàbrica» i «DB-SE-M Fusta» especifiquen paràmetres objectius i procediments el compliment dels quals assegura la satisfacció de les exigències bàsiques i la superació dels nivells mínims de qualitat propis del requisit bàsic de seguretat estructural.

4. Les estructures de formigó estan regulades per la Instrucció de formigó estructural gient.

10.1 Exigència bàsica SE 1: Resistència i estabilitat: la resistència i l'estabilitat han de ser les adequades perquè no es generin *riscos* indèguts, de forma que es mantingui la resistència i l'estabilitat davant de les *accions i influències previsibles* durant les fases de *construcció i usos previstos dels edificis*, i per tal que un esdeveniment extraordinari no produeixi conseqüències desproporcionades respecte a la causa original i es faciliti el *manteniment previst*.

10.2 Exigència bàsica SE 2: Aptitud al servei: l'aptitud al servei ha de ser conforme amb l'ús previst de l'edifici, de forma que no es produeixin *deformacions inadmissibles*, es limiti a un nivell acceptable la probabilitat d'un *comportament dinàmic inadmissible* i no es produeixin *degradacions o anomalies inadmissibles*.

#### Article 11. *Exigències bàsiques de seguretat en cas d'incendi (SI).*

1. L'objectiu del requisit bàsic «Seguretat en cas d'incendi» consisteix a reduir a límits acceptables el risc que



els *usuaris* d'un *edifici* pateixin danys derivats d'un incendi d'origen accidental, com a conseqüència de les característiques del seu *projecte, construcció, ús i manteniment*.

2. Per satisfer aquest objectiu, els *edificis* s'han de projectar, construir, mantenir i utilitzar de forma que, en cas d'incendi, es compleixin les exigències bàsiques que s'estableixen en els apartats següents.

3. El document bàsic DB-SI especifica paràmetres objectius i procediments el compliment dels quals assegura la satisfacció de les exigències bàsiques i la superació dels nivells mínims de qualitat propis del requisit bàsic de seguretat en cas d'incendi, excepte en el cas dels edificis, establiments i zones d'ús industrial a què els sigui aplicable el Reglament de seguretat contra incendis en els establiments industrials, en els quals les exigències bàsiques es compleixen mitjançant l'aplicació esmentada.

11.1 Exigència bàsica SI 1: Propagació interior: s'ha de limitar el *risc* de propagació de l'incendi per l'interior de l'*edifici*, tant al mateix edifici com a altres edificis adjacents.

11.2 Exigència bàsica SI 2: Propagació exterior: s'ha de limitar el *risc* de propagació de l'incendi per l'exterior, tant a l'edifici considerat com als altres.

11.3 Exigència bàsica SI 3: Evacuació d'ocupants: l'*edifici* ha de disposar dels mitjans d'evacuació adequats per facilitar que els ocupants el puguin abandonar o puguin arribar a un lloc segur dins d'aquest en condicions de seguretat.

11.4 Exigència bàsica SI 4: Instal·lacions de protecció contra incendis: l'*edifici* ha de disposar dels equips i les instal·lacions adequades per fer possible la detecció, el control i l'extinció de l'incendi, així com la transmissió de l'alarma als ocupants.

11.5 Exigència bàsica SI 5: Intervenció de bombers: s'ha de facilitar la intervenció dels equips de rescat i d'extinció d'incendis.

11.6 Exigència bàsica SI 6: Resistència estructural a l'incendi: l'estructura portant ha de mantenir la seva *resistència* al *foc* durant el temps necessari perquè es puguin complir les exigències bàsiques anteriors.

#### Article 12. Exigències bàsiques de seguretat d'ús (SU).

1. L'objectiu del requisit bàsic «Seguretat d'ús» consisteix a reduir a límits acceptables el *risc* que els *usuaris* pateixin danys immediats durant l'*ús previst* dels *edificis* com a conseqüència de les característiques del seu *projecte, construcció, ús i manteniment*.

2. Per satisfer aquest objectiu, els *edificis* s'han de projectar, construir, mantenir i utilitzar de forma que es compleixin les exigències bàsiques que s'estableixen en els apartats següents.

3. El document bàsic «DB-SU Seguretat d'ús» especifica paràmetres objectius i procediments el compliment dels quals assegura la satisfacció de les exigències bàsiques i la superació dels nivells mínims de qualitat propis del requisit bàsic de seguretat d'ús.

12.1 Exigència bàsica SU 1: Seguretat davant del risc de caigudes: cal limitar el *risc* que els *usuaris* pateixin caigudes, per a la qual cosa els sòls han de ser adequats per afavorir que les persones no rellisquin o ensopeguin o es dificulti la mobilitat. Així mateix, cal limitar el *risc* de caigudes a buits, canvis de nivell i escales i rampes facilitant la neteja dels envidraments exteriors en condicions de seguretat.

12.2 Exigència bàsica SU 2: Seguretat davant del risc d'impacte o d'atrapament: cal limitar el *risc* que els *usuaris* puguin patir impacte o atrapament amb elements fixos o mòbils de l'*edifici*.

12.3 Exigència bàsica SU 3: Seguretat davant del risc d'immobilització: cal limitar el *risc* que els *usuaris* puguin quedar accidentalment immobilitzats en recintes.

12.4 Exigència bàsica SU 4: Seguretat davant del risc causat per il·luminació inadequada: cal limitar el *risc* de danys a les persones com a conseqüència d'una il·luminació inadequada en zones de circulació dels edificis, tant interiors com exteriors, fins i tot en cas d'emergència o de fallada de l'enllumenat normal.

12.5 Exigència bàsica SU 5: Seguretat davant del risc causat per situacions amb alta ocupació: cal limitar el *risc* causat per situacions amb alta ocupació facilitant la circulació de les persones i la sectorització amb elements de protecció i contenció en previsió del *risc* d'esclafament.

12.6 Exigència bàsica SU 6: Seguretat davant del risc d'ofegament: cal limitar el *risc* de caigudes que puguin derivar en ofegament en piscines, dipòsits, pous i similars mitjançant elements que hi restringeixin l'accés.

12.7 Exigència bàsica SU 7: Seguretat davant del risc causat per vehicles en moviment: cal limitar el *risc* causat per vehicles en moviment tenint en compte els tipus de paviments i la senyalització i protecció de les zones de circulació rodada i de les persones.

12.8 Exigència bàsica SU 8: Seguretat davant del risc causat per l'acció del llamp: cal limitar el *risc* d'electrocució i d'incendi causat per l'acció del llamp mitjançant instal·lacions adequades de protecció contra el llamp.

#### Article 13. Exigències bàsiques de salubritat (HS) «Higiene, salut i protecció del medi ambient».

1. L'objectiu del requisit bàsic «Higiene, salut i protecció del medi ambient», tractat d'ara endavant sota el terme salubritat, consisteix a reduir a límits acceptables el *risc* que els *usuaris*, dins dels edificis i en condicions normals d'utilització, pateixin molèsties o malalties, així com el *risc* que els *edificis* es deteriorin i deteriorin el medi ambient en el seu entorn immediat, com a conseqüència de les característiques del seu *projecte, construcció, ús i manteniment*.

2. Per satisfer aquest objectiu, els *edificis* s'han de projectar, construir, mantenir i utilitzar de tal forma que es compleixin les exigències bàsiques que s'estableixen en els apartats següents.

3. El document bàsic «DB-HS Salubritat» especifica paràmetres objectius i procediments el compliment dels quals assegura la satisfacció de les exigències bàsiques i la superació dels nivells mínims de qualitat propis del requisit bàsic de salubritat.

13.1 Exigència bàsica HS 1: Protecció contra la humitat: s'ha de limitar el *risc* previsible de presència inadequada d'aigua o humitat a l'interior dels *edificis* i en els seus *tancaments* com a conseqüència de l'aigua procedent de precipitacions atmosfèriques, d'escorrenties, del terreny o de condensacions i cal facilitar mitjans que n'impedeixin la penetració o, si s'escau, en permetin l'evacuació sense producció de danys.

13.2 Exigència bàsica HS 2: Recollida i evacuació de residus: els *edificis* han de disposar d'espais i mitjans per extreure els residus ordinaris que s'hi generin d'acord amb el sistema públic de recollida, de manera que es faciliti la separació adequada en origen dels residus esmentats, la seva recollida selectiva i la posterior gestió.

13.3 Exigència bàsica HS 3: Qualitat de l'aire interior.

1. Els edificis han de disposar de mitjans perquè els seus recintes es puguin ventilar adequadament i eliminar els contaminants que es produeixen de forma habitual durant l'ús normal dels edificis, de forma que s'aporti un cabal suficient d'aire exterior i es garanteixi l'extracció i expulsió de l'aire viciat pels contaminants.

2. Per limitar el risc de contaminació de l'aire interior dels edificis i de l'entorn exterior en façanes i patis, l'evacuació de productes de combustió de les instal·lacions tèrmiques s'ha de dur a terme generalment per la coberta de l'edifici, amb independència del tipus de combustible i de l'aparell que s'utilitzi, i d'acord amb la reglamentació específica sobre instal·lacions tèrmiques.

13.4 Exigència bàsica HS 4: Subministrament d'aigua.

1. Els edificis han de disposar de mitjans adequats per subministrar a l'equipament higiènic previst aigua apta per al consum de forma sostenible, han d'aportar cabals suficients per al seu funcionament, sense alteració de les propietats d'aptitud per al consum i impeding els possibles retorns que puguin contaminar la xarxa, i han d'incorporar mitjans que permetin l'estalvi i el control del cabal de l'aigua.

2. Els equips de producció d'aigua calenta dotats de sistemes d'acumulació i els punts terminals d'utilització han de tenir unes característiques que evitin el desenvolupament de gèrmens patògens.

13.5 Exigència bàsica HS 5: Evacuació d'aigües: els edificis han de disposar de mitjans adequats per extreure les aigües residuals que s'hi generin de forma independent o conjunta amb les precipitacions atmosfèriques i les escorrenties.

Article 14. *Exigències bàsiques de protecció davant del soroll (HR).*

1. L'objectiu del requisit bàsic «Protecció davant del soroll» consisteix a limitar dins dels edificis, i en condicions normals d'utilització, el risc de molèsties o malalties que el soroll pugui produir als *usuaris* com a conseqüència de les característiques del seu *projecte, construcció, ús i manteniment*.

2. Per satisfer aquest objectiu, els edificis s'han de projectar, construir, utilitzar i mantenir de forma que els elements constructius que formen els seus *recintes* tinguin unes característiques acústiques adequades per reduir la transmissió del soroll aeri, del soroll d'impactes i del soroll i les vibracions de les instal·lacions pròpies de l'edifici i per limitar el soroll reverberant dels *recintes*.

3. El document bàsic «DB HR Protecció davant del soroll» especifica paràmetres objectius i sistemes de verificació el compliment dels quals assegura la satisfacció de les exigències bàsiques i la superació dels nivells mínims de qualitat propis del requisit bàsic de protecció davant del soroll. Fins que s'aprovi aquest DB cal aplicar la Norma bàsica de l'edificació NBE-CA-88 «Condicions acústiques als edificis».

Article 15. *Exigències bàsiques d'estalvi d'energia (HE).*

1. L'objectiu del requisit bàsic «Estalvi d'energia» consisteix a aconseguir un ús racional de l'energia necessària per a la utilització dels edificis, reduint a límits sostenibles el consum, i aconseguir així mateix que una part d'aquest consum procedeixi de fonts d'energia renovable, com a conseqüència de les característiques del seu *projecte, construcció, ús i manteniment*.

2. Per satisfer aquest objectiu, els edificis s'han de projectar, construir, utilitzar i mantenir de forma que es compleixin les exigències bàsiques que s'estableixen en els apartats següents.

3. El document bàsic «DB-HE Estalvi d'energia» especifica paràmetres objectius i procediments el compliment dels quals assegura la satisfacció de les exigències bàsiques i la superació dels nivells mínims de qualitat propis del requisit bàsic d'estalvi d'energia.

15.1 Exigència bàsica HE 1: Limitació de demanda energètica: els edificis han de disposar d'un envoltant de característiques tals, que limiti adequadament la *demanda energètica* necessària per assolir el *benestar tèrmic* en funció del clima de la localitat, de l'ús de l'edifici i del règim d'estiu i d'hivern, així com per les seves característiques d'aïllament i inèrcia, permeabilitat a l'aire i exposició a la radiació solar, redueixi el risc d'aparició d'humitats de condensació superficials i intersticials que puguin perjudicar les seves característiques i tracti adequadament els *punts tèrmics* per limitar les pèrdues o els guanys de calor i evitar-hi problemes higrotèrmics.

15.2 Exigència bàsica HE 2: Rendiment de les instal·lacions tèrmiques: els edificis han de disposar d'instal·lacions tèrmiques apropiades destinades a proporcionar el *benestar tèrmic* dels seus ocupants i n'han de regular el seu rendiment i el dels seus equips. Aquesta exigència es desplega actualment en el Reglament d'instal·lacions tèrmiques als edificis vigent, RITE, i la seva aplicació ha de quedar definida en el *projecte de l'edifici*.

15.3 Exigència bàsica HE 3: Eficiència energètica de les instal·lacions d'il·luminació: els edificis han de disposar d'instal·lacions d'il·luminació adequades a les necessitats dels seus *usuaris* i a la vegada eficaces energèticament; així mateix, han de disposar d'un sistema de control que permeti ajustar l'encesa a l'ocupació real de la zona, així com d'un sistema de regulació que optimitzi l'aprofitament de la llum natural a les zones que presentin unes condicions determinades.

15.4 Exigència bàsica HE 4: Contribució solar mínima d'aigua calenta sanitària: als edificis amb previsió de demanda d'aigua calenta sanitària o de climatització de piscina coberta en què així s'estableixi en aquest CTE, una part de les necessitats energètiques tèrmiques derivades d'aquesta demanda s'ha de cobrir mitjançant la incorporació de sistemes de captació, emmagatzematge i utilització d'energia solar de baixa temperatura adequada a la radiació solar global del seu emplaçament i a la demanda d'aigua calenta de l'edifici. Els valors derivats d'aquesta exigència bàsica tenen la consideració de mínims, sens perjudici de valors que puguin ser establerts per les administracions competents i que contribueixin a la sostenibilitat, tenint en compte les característiques pròpies de la seva localització i àmbit territorial.

15.5 Exigència bàsica HE 5: Contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica: als edificis en què així s'estableixi en aquest CTE cal incorporar sistemes de captació i transformació d'energia solar en energia elèctrica per procediments fotovoltaics per a ús propi o subministrament a la xarxa. Els valors derivats d'aquesta exigència bàsica tenen la consideració de mínims, sens perjudici de valors més estrictes que puguin ser establerts per les administracions competents i que contribueixin a la sostenibilitat, tenint en compte les característiques pròpies de la seva localització i àmbit territorial.

## ANNEX I

### Contingut del projecte

1. En aquest annex figuren els continguts del projecte d'edificació, sens perjudici del que, si s'escau, estableixin les administracions competents.

2. Els marcats amb asterisc (\*) són els que, almenys, ha de contenir el projecte bàsic.

3. Quan el projecte es desenvolupi o completi mitjançant projectes parcials o altres documents tècnics, a la memòria del projecte s'ha de fer referència a aquests i al seu contingut, i el projectista, sota la seva coordinació, els ha d'integrar al projecte com a documents diferenciats de forma que no es produeixi duplicitat d'aquests ni en els honoraris que els autors dels diferents treballs han de percebre.

Contingut del projecte	Observacions
I. Memòria.	
1. Memòria descriptiva:	Descriptiva i justificativa, que contingui la informació següent:
1.1 Agents.*	Promotor, projectista, altres tècnics.
1.2 Informació prèvia.*	Antecedents i condicionants de partida, dades de l'emplaçament, entorn físic, normativa urbanística, altres normatives, si s'escau.
1.3 Descripció del projecte.*	Dades de l'edifici en cas de rehabilitació, reforma o ampliació. Informes realitzats.
	Descripció general de l'edifici, programa de necessitats, ús característic de l'edifici i altres usos previstos, relació amb l'entorn.
	Compliment del CTE i altres normatives específiques, normes de disciplina urbanística, ordenances municipals, edificabilitat, funcionalitat, etc.
	Descripció de la geometria de l'edifici, volum, superfícies útils i construïdes, accessos i evacuació.
	Descripció general dels paràmetres que determinen les previsions tècniques que cal considerar en el projecte respecte al sistema estructural (fonaments, estructura portant i estructura horitzontal), el sistema de compartimentació, el sistema envoltant, el sistema d'acabats, el sistema de condicionament ambiental i el de serveis.
1.4 Prestacions de l'edifici.*	Per requisits bàsics i amb relació a les exigències bàsiques del CTE. S'han d'indicar en particular les acordades entre promotor i projectista que superin els llindars establerts al CTE.
	S'han d'establir les limitacions d'ús de l'edifici en el seu conjunt i de cadascuna de les seves dependències i instal·lacions.
2. Memòria constructiva:	Descripció de les solucions adoptades:
2.1 Sustentació de l'edifici.*	Justificació de les característiques del sòl i paràmetres a considerar per al càlcul de la part del sistema estructural corresponent als fonaments.
2.2 Sistema estructural (fonaments, estructura portant i estructura horitzontal).	S'han d'establir les dades i les hipòtesis de partida, el programa de necessitats, les bases de càlcul i procediments o els mètodes utilitzats per a tot el sistema estructural, així com les característiques dels materials que intervenen.
2.3 Sistema envoltant.	Definició constructiva dels diferents subsistemes de l'envoltant de l'edifici, amb descripció del seu comportament davant de les accions a què està sotmès (pes propi, vent, sisme, etc.), davant del foc, seguretat d'ús, evacuació d'aigua i comportament davant de la humitat, aïllament acústic i les seves bases de càlcul.
	L'aïllament tèrmic dels subsistemes esmentats, la demanda energètica màxima prevista de l'edifici per a condicions d'estiu i hivern i la seva eficiència energètica en funció del rendiment energètic de les instal·lacions projectat segons l'apartat 2.6.2.
2.4 Sistema de compartimentació.	Definició dels elements de compartimentació amb especificació del seu comportament davant del foc i el seu aïllament acústic i altres característiques que siguin exigibles, si s'escau.
2.5 Sistemes d'acabats.	S'han d'indicar les característiques i prescripcions dels acabats dels paraments a fi de complir els requisits de funcionalitat, seguretat i habitabilitat.
2.6 Sistemes de condicionament i instal·lacions.	S'han d'indicar les dades de partida, els objectius a complir, les prestacions i les bases de càlcul per a cadascun dels subsistemes següents:
	1. Protecció contra incendis, antiintrusió, parallamps, electricitat, enllumenat, ascensors, transport, lampisteria, evacuació de residus líquids i sòlids, ventilació, telecomunicacions, etc.
	2. Instal·lacions tèrmiques de l'edifici projectat i el seu rendiment energètic, subministrament de combustibles, estalvi d'energia i incorporació d'energia solar tèrmica o fotovoltaica i altres energies renovables.
2.7 Equipament.	Definició de banys, cuines i safarejos, equipament industrial, etc.
3. Compliment del CTE:	Justificació de les prestacions de l'edifici per requisits bàsics i amb relació a les exigències bàsiques del CTE. La justificació s'ha de fer per a les solucions adoptades segons el que indiqui el CTE.
	També cal justificar les prestacions de l'edifici que millorin els nivells exigits al CTE.
3.1 Seguretat estructural.	
3.2 Seguretat en cas d'incendi.*	
3.3 Seguretat d'ús.	
3.4 Salubritat.	
3.5 Protecció contra el soroll.	
3.6 Estalvi d'energia.	
Compliment d'altres reglaments i disposicions.	Justificació del compliment d'altres reglaments obligatoris no realitzada en el punt anterior i justificació del compliment dels requisits bàsics relatius a la funcionalitat d'acord amb el que estableix la seva normativa específica.
Annexos a la memòria:	El projecte ha de contenir tants annexos com siguin necessaris per a la definició i justificació de les obres.
Informació geotècnica.	
Càlcul de l'estructura.	
Protecció contra l'incendi.	
Instal·lacions de l'edifici.	
Eficiència energètica.	
Estudi d'impacte ambiental.	
Pla de control de qualitat.	
Estudi de seguretat i salut o estudi bàsic, si s'escau.	
II. Plans.	El projecte ha de contenir tants plans com siguin necessaris per a la definició en detall de les obres.
	En cas d'obres de rehabilitació s'han d'incloure plans de l'edifici abans de la intervenció.
Pla de situació.*	Referit al planejament vigent, amb referència a punts localitzables i amb indicació del nord geogràfic.
Pla d'emplaçament.*	Justificació urbanística, alineacions, reculades, etc.
Pla d'urbanització.*	Xarxa viària, empreses, etc.
Plantes generals.*	Delimitades, amb indicació d'escala i d'usos, que reflecteixin els elements fixos i els de mobiliari quan sigui necessari per a la comprovació de la funcionalitat dels espais.
Plans de cobertes.*	Pendents, punts de recollida d'aigües, etc.
Alçats i seccions.*	Delimitats, amb indicació d'escala i cotes d'altura de plantes, gruixos de forjat, altures totals per comprovar el compliment dels requisits urbanístics i funcionals.
Plans d'estructura.	Descripció gràfica i dimensional de tot el sistema estructural (fonaments, estructura portant i estructura horitzontal). En els relatius als fonaments cal incloure, a més, la seva relació amb l'entorn immediat i el conjunt de l'obra.
Plans d'instal·lacions.	Descripció gràfica i dimensional de les xarxes de cada instal·lació, plantes, seccions i detalls.
Plans de definició constructiva.	Documentació gràfica de detalls constructius.
Memòries gràfiques.	Indicació de solucions concretes i elements singulars: fusteria, manyeria, etc.
Altres.	
III. Plec de condicions.	
Plec de clàusules administratives.	
Disposicions generals.	
Disposicions facultatives.	
Disposicions econòmiques.	

Contingut del projecte	Observacions
Plec de condicions tècniques particulars. Prescripcions sobre els materials.	Característiques tècniques mínimes que han de presentar els productes, equips i sistemes que s'incorporin a les obres, així com les seves condicions de subministrament, recepció i conservació, emmagatzematge i manipulació, les garanties de qualitat i el control de recepció que s'hagi de realitzar, incloent el mostreig del producte, els assajos a realitzar, els criteris d'acceptació i rebuig i les accions a adoptar i els criteris d'ús, conservació i manteniment. Aquestes especificacions es poden fer per referència a plecs generals que siguin aplicables, documents reconeguts o altres que siguin vàlides segons el parer del projectista.
Prescripcions quant a l'execució per unitats d'obra.	Característiques tècniques de cada unitat d'obra que indiquin el seu procés d'execució, normes d'aplicació, condicions prèvies que s'han de complir abans de la seva realització, toleràncies admissibles, condicions de terminació, conservació i manteniment, control d'execució, assajos i proves, garanties de qualitat, criteris d'acceptació i rebuig, criteris de mesurament i valoració d'unitats, etc.
Prescripcions sobre verificacions a l'edifici acabat.	Són necessàries les mesures per assegurar la compatibilitat entre els diferents productes, elements i sistemes constructius. S'han d'indicar les verificacions i proves de servei que s'hagin de realitzar per comprovar les prestacions finals de l'edifici.
IV. Mesuraments.	Desenvolupament per partides, agrupades en capítols, que continguin totes les descripcions tècniques necessàries per a la seva especificació i valoració.
V. Pressupost.	
Pressupost aproximat.*	Valoració aproximada de l'execució material de l'obra projectada per capítols.
Pressupost detallat.	Quadre de preus agrupat per capítols. Resum per capítols, amb expressió del valor final d'execució i contracta. Ha d'incloure el pressupost del control de qualitat. Pressupost de l'Estudi de seguretat i salut.

## ANNEX II

### Documentació del seguiment de l'obra

En aquest annex es detalla, amb caràcter indicatiu i sens perjudici del que estableixin altres administracions públiques competents, el contingut de la documentació del seguiment de l'execució de l'obra, tant l'exigida reglamentàriament com la documentació del control realitzat al llarg de l'obra.

II.1 Documentació obligatòria del seguiment de l'obra.

1. Les obres d'edificació han de disposar d'una documentació de seguiment que ha d'estar formada, almenys, pel següent:

- El Llibre d'ordres i assistències, d'acord amb el que preveu el Decret 462/1971, d'11 de març.
- El Llibre d'incidències en matèria de seguretat i salut, segons el Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre.
- El projecte i els seus annexos i modificacions degudament autoritzats pel director d'obra.
- La llicència d'obres, l'obertura del centre de treball i, si s'escau, altres autoritzacions administratives; i
- El certificat final de l'obra d'acord amb el Decret 462/1971, d'11 de març, del Ministeri de l'Habitatge.

2. Al Llibre d'ordres i assistències el director d'obra i el director de l'execució de l'obra han de consignar les instruccions pròpies de les seves funcions i obligacions respectives.

3. El Llibre d'incidències s'ha de desenvolupar de conformitat amb la legislació específica de seguretat i salut. Hi tenen accés els agents que la legislació esmentada determina.

4. Una vegada finalitzada l'obra, el director de l'obra ha de disposar la documentació del seguiment al col·legi professional corresponent o, si s'escau, a l'Administració pública competent que n'asseguri la conservació i es comprometi a emetre certificacions del seu contingut als qui acreditin un interès legítim.

II.2 Documentació del control de l'obra.

1. El control de qualitat de les obres realitzat ha d'incloure el control de recepció de productes i els controls de l'execució i de l'obra acabada. Per a això:

a) El director de l'execució de l'obra ha de recopilar la documentació del control realitzat i ha de verificar que és conforme al que estableix el projecte, els seus annexos i modificacions.

b) El constructor ha de recollir dels subministradors de productes i ha de facilitar al director d'obra i al director de l'execució de l'obra la documentació dels productes assenyalada anteriorment, així com les seves instruccions d'ús i manteniment, i les garanties corresponents quan sigui procedent; i

c) La documentació de qualitat preparada pel constructor sobre cadascuna de les unitats d'obra pot servir, si així ho autoritza el director de l'execució de l'obra, com a part del control de qualitat de l'obra.

2. Una vegada finalitzada l'obra, el director de l'execució de l'obra ha de dipositar la documentació del seguiment del control al col·legi professional corresponent o, si s'escau, a l'Administració pública competent que n'asseguri la tutela i es comprometi a emetre certificacions del seu contingut als qui acreditin un interès legítim.

II.3 Certificat final d'obra.

1. Al certificat final d'obra, el director de l'execució de l'obra ha de certificar haver dirigit l'execució material de les obres i controlat quantitativament i qualitativament la construcció i la qualitat del que s'ha edificat d'acord amb el projecte, la documentació tècnica que el desenvolupa i les normes de la bona construcció.

2. El director de l'obra ha de certificar que l'edificació ha estat realitzada sota la seva direcció, de conformitat amb el projecte objecte de llicència i la documentació tècnica que el complementa, i que es troba disposada per a la seva utilització adequada d'acord amb les instruccions d'ús i manteniment.

3. Al certificat final d'obra se li han d'afegir com a annexos els documents següents:

a) Descripció de les modificacions que, amb la conformitat del promotor, s'hagin introduït durant l'obra, fent constar la seva compatibilitat amb les condicions de la llicència; i

b) Relació dels controls realitzats durant l'execució de l'obra i els seus resultats.

## ANNEX III

### Terminologia

Als efectes d'aplicació del CTE, els termes que apareixen a continuació s'han d'utilitzar de conformitat amb el significat i les condicions que s'estableixen per a cadascun d'aquests.

Acció previsible: acció que ha de ser tinguda en compte, segons la reglamentació vigent.

**Agents de l'edificació:** totes les persones físiques o jurídiques que intervenen en el procés de l'edificació segons estableix la LOE.

**Benestar tèrmic:** condicions interiors de temperatura, humitat i velocitat de l'aire establertes reglamentàriament que es considera que produeixen una sensació de benestar adequada i suficient als seus ocupants.

**Tancament:** element constructiu de l'edifici que el separa de l'exterior, ja sigui aire, terreny o altres edificis.

**Comportament estructural adequat:** comportament d'una estructura i de les diferents parts que la formen, que no suposa efectes indeguts.

**Comportament dinàmic inadmissible:** nivell de vibracions o oscil·lacions d'una estructura que no compleix el que estableix la reglamentació vigent.

**Construcció:** conjunt de les activitats per a la realització física de l'obra.

El terme cobreix la construcció in situ, però també la fabricació de parts en taller i el seu muntatge posterior in situ.

**Constructor:** és l'agent que assumeix, contractualment davant el promotor, el compromís d'executar amb mitjans humans i materials, propis o aliens, les obres o part de les obres de conformitat amb el projecte i el contracte i seguint les instruccions del director d'obra i del director de l'execució de l'obra.

**Demanda energètica:** és l'energia necessària per mantenir a l'interior de l'edifici unes condicions de confort definides reglamentàriament en funció de l'ús de l'edifici i de la zona climàtica en què s'ubiqui. Es compon de la demanda energètica de calefacció i refrigeració, corresponents als mesos de la temporada de calefacció i refrigeració, respectivament.

**Deformació inadmissible:** nivell de deformació que supera els límits de deformació admissibles establerts a la reglamentació vigent.

**Degradació inadmissible:** nivell de degradació que no compleix les exigències establertes a la reglamentació vigent.

**Direcció facultativa:** està constituïda pel director d'obra i el director de l'execució de l'obra.

**Director de l'execució de l'obra:** és l'agent que, formant part de la direcció facultativa, assumeix la funció tècnica de dirigir l'execució material de l'obra i de controlar qualitativament i quantitativament la construcció i la qualitat del que s'ha edificat.

**Director d'obra:** és l'agent que, formant part de la direcció facultativa, dirigeix el desenvolupament de l'obra en els aspectes tècnics, estètics, urbanístics i mediambientals, de conformitat amb el projecte que la defineix, la llicència d'edificació i altres autoritzacions preceptives i les condicions del contracte, per assegurar-ne l'adequació al fi proposat.

**Edifici:** construcció fixa, feta amb materials resistents, per a habitació humana o per albergar altres usos.

**Execució de l'obra:** vegeu Construcció.

**Elements estructurals:** part d'una estructura distingible físicament. Per exemple: pilar, biga, llosa, sabata, etc.

**Estructura:** conjunt d'elements, connectats entre si, la missió dels quals consisteix a resistir les accions previsibles i a proporcionar rigidesa.

**Exigències bàsiques de qualitat dels edificis:** característiques genèriques, funcionals i tècniques dels edificis que permeten satisfer els requisits bàsics de l'edificació.

**Influència:**

a) **Influència química, física o biològica** que incideix en una estructura, en les parts que la componen o en els elements resistents no estructurals i que pot afectar de manera desfavorable el seu comportament en servei i la seva resistència i estabilitat.

b) **Causa** [que no pertanyi a les categories de les accions o de les esmentades a a)] d'efectes desfavorables

en el comportament en servei, o en la resistència i estabilitat d'una estructura, de les parts que la componen o dels elements resistents no estructurals. Per exemple: imperfeccions geomètriques, defectes induïts pels processos de fabricació o muntatge, errors humans, etc.

**Influència previsible:** influència que ha de ser tinguda en compte, segons la reglamentació vigent.

**Llicència municipal d'obres:** acte administratiu pel qual l'Ajuntament competent autoritza l'execució de l'obra projectada, una vegada comprovada la seva conformitat amb la legalitat aplicable.

**Manteniment:** conjunt d'activitats destinades a conservar l'edifici o les parts que el componen perquè, amb una fiabilitat adequada, compleixin les exigències establertes.

**Manteniment previst:** manteniment que, per a cada edifici, consisteix en el compliment de les instruccions d'ús i manteniment contingudes al Llibre de l'edifici.

**Marcatge «CE»:** marcatge que han de portar els productes de construcció per a la seva lliure circulació en el territori dels estats membres de la Unió Europea i països part de l'Espai Econòmic Europeu, de conformitat amb les condicions establertes a la Directiva 89/106/CEE o altres directives que els siguin aplicables.

**Particions interiors:** element constructiu de l'edifici que divideix el seu interior en recintes independents. Poden ser verticals o horitzontals (sòls i sostres).

**Producte de construcció:** el que es fabrica per a la seva incorporació permanent en una obra, incloent materials, elements semielaborats, components i obres o part d'obres, tant acabades com en procés d'execució.

**Promotor:** és l'agent de l'edificació que decideix, impulsa, programa i finança les obres d'edificació.

**Projectista:** és l'agent que redacta el projecte per encàrrec del promotor i de conformitat amb la normativa tècnica i urbanística corresponent.

**Projecte:** és el conjunt de documents mitjançant els quals es defineixen i determinen les exigències tècniques de les obres previstes a l'article 2 de la LOE i en què es justifiquen tècnicament les solucions proposades d'acord amb les especificacions requerides per la normativa tècnica aplicable.

**Projecte bàsic:** fase del treball en què es defineixen de manera precisa les característiques generals de l'obra, mitjançant l'adopció i justificació de solucions concretes. El seu contingut és suficient per sol·licitar, una vegada obtingut el visat col·legial preceptiu, la llicència municipal o altres autoritzacions administratives, però insuficient per iniciar la construcció.

**Projecte d'execució:** fase del treball en què es desenvolupa el projecte bàsic, amb la determinació completa de detalls i especificacions de tots els materials, elements, sistemes constructius i equips i que defineix l'obra totalment. El seu contingut ha de ser el necessari per a la realització de les obres i ha de disposar del visat col·legial preceptiu i la llicència corresponent.

**Projectes parcials:** els que desenvolupen o completen el projecte en aspectes concrets referents a tecnologies específiques o instal·lacions de l'edifici i que defineixen amb suficient detall per a la seva execució les seves característiques constructives. El seu contingut ha de ser el necessari per a la realització de les obres que s'hi preveuen i ha de disposar del visat col·legial preceptiu.

**Ponts tèrmics:** part de l'envoltant tèrmic d'un edifici on la resistència tèrmica normalment uniforme canvia significativament a causa de:

a) Penetracions completes o parcials en el tancament d'un edifici de materials amb diferent conductivitat tèrmica.

b) Un canvi en l'espessor de la fàbrica; o

c) Una diferència entre les àrees internes o externes, com ara junteres entre parets, sòls o sostres.

Recinte: espai de l'edifici limitat per tancaments, particions o qualsevol altre element separador.

Recinte habitable: recinte interior destinat a l'ús de persones la densitat d'ocupació i el temps d'estada del qual exigeixen unes condicions acústiques, tèrmiques i de salubritat adequades. Es consideren recintes habitables els següents:

- a) Habitacions i estances (dormitoris, menjadors, biblioteques, salons, etc.) en edificis residencials.
- b) Aules, biblioteques, despatxos en edificis d'ús docent.
- c) Quiròfans, habitacions, sales d'espera en edificis d'ús sanitari.
- d) Oficines, despatxos, sales de reunió en edificis d'ús administratiu.
- e) Cuines, banys, lavabos, passadissos i distribuïdors en edificis de qualsevol ús.
- f) Zones comunes de circulació a l'interior dels edificis.
- g) Qualsevol altre amb un ús assimilable als anteriors.

Es consideren recintes no habitables els no destinats a l'ús permanent de persones o l'ocupació dels quals, pel fet de ser ocasional o excepcional i de ser baix el temps d'estada, només justifica unes condicions de salubritat adequades. En aquesta categoria s'inclouen explícitament com a no habitables els garatges, trasters, cambres tècniques i golfes no condicionats i les seves zones comunes.

Recinte protegit: recinte inclòs en la categoria de recinte habitable però que té característiques acústiques més restrictives que prevalen sobre les exigències dels recintes habitables convencionals. Es consideren en tot cas recintes protegits els recintes habitables esmentats en els paràgrafs a), b), c) i d).

Requisits bàsics de l'edificació: objectius derivats de la demanda social de qualitat dels edificis i la consecució dels quals s'ha de procurar tant en el projecte com en la seva construcció, manteniment i conservació.

Residus ordinaris: part dels residus urbans generada als edificis, amb excepció del següent:

- a) Animals domèstics morts, mobles i béns; i
- b) Residus i runa procedents d'obres menors de construcció i reparació domiciliària.

Resistència al foc: capacitat d'un element de construcció per mantenir durant un període de temps determinat la funció portant que li sigui exigible, així com la integritat i l'aïllament tèrmic en els termes especificats en l'assaig normalitzat corresponent.

Risc: mesura de l'abast del perill que representa un esdeveniment no desitjat per a les persones. Un risc s'expressa en termes de la probabilitat vinculada a les conseqüències d'un esdeveniment no desitjat.

Solució alternativa: qualsevol solució que difereixi totalment o parcialment de les establertes als DB.

Subministradors de productes: són totes les persones físiques o jurídiques que proporcionen productes de construcció a les obres: fabricants, encarregats de magatzem, importadors o venedors de productes de construcció.

Ús de l'edifici: activitats que es realitzen en un edifici, o determinades zones d'un edifici, després de la seva posada en servei.

Ús previst: ús específic per a què es projecta i realitza un edifici i que s'ha de reflectir documentalment. L'ús previst es caracteritza per les activitats que s'han de desenvolupar a l'edifici i pel tipus d'usuari.

Usuari: és l'agent que, mitjançant qualsevol títol, gaudeix del dret d'ús de l'edifici de forma continuada. Està obligat a fer-ne un ús adequat de conformitat amb les instruccions d'ús i manteniment contingudes al Llibre de l'edifici.

Altres accepcions utilitzades:

- a) Persona que habitualment entra a un edifici amb la finalitat de realitzar una activitat determinada segons l'ús previst.
- b) La propietat o el seu representant, encara que no entri habitualment a l'edifici.
- c) Persona que ocasionalment entra a un edifici amb la finalitat de realitzar una activitat determinada d'acord amb l'ús previst. Per exemple: visitant, proveïdor, client, etc.; o
- d) Persones que no entren a l'edifici, però que es poden trobar, habitualment o ocasionalment, en la seva zona d'influència. Per exemple: veïns, transeünts, etc.

# Document bàsic

# HE

---

## Estalvi d'energia

- HE 1 Limitació de demanda energètica
- HE 2 Rendiment de les instal·lacions tèrmiques
- HE 3 Eficiència energètica de les instal·lacions d'il·luminació
- HE 4 Contribució solar mínima d'aigua calenta sanitària
- HE 5 Contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica

## Introducció

### I Objecte

Aquest *Document bàsic* (DB) té per objecte establir regles i procediments que permetin complir les exigències bàsiques d'estalvi d'energia. Les seccions d'aquest DB corresponen amb les exigències bàsiques HE 1 a HE 5. L'aplicació correcta de cada secció suposa el compliment de l'exigència bàsica corresponent. L'aplicació correcta del conjunt del DB suposa que se satisfà el requisit bàsic "estalvi d'energia".

Tant l'objectiu del requisit bàsic "estalvi d'energia" com les exigències bàsiques els estableix l'article 15 de la part I d'aquest CTE i són els següents:

#### **Article 15. Exigències bàsiques d'estalvi d'energia (HE)**

1. L'objectiu del requisit bàsic "estalvi d'energia" consisteix a aconseguir un ús racional de l'energia necessària per a la utilització dels *edificis*, reduint-ne a límits sostenibles el consum, i aconseguir igualment que una part d'aquest consum procedeixi de fonts d'energia renovable com a conseqüència de les característiques del seu *projecte, construcció, ús i manteniment*.
2. Per satisfer aquest objectiu, els *edificis* s'han de projectar, construir, utilitzar i mantenir de manera que es compleixin les exigències bàsiques que estableixen els apartats següents.
3. El *Document bàsic* "DB HE Estalvi d'energia" especifica paràmetres objectius i procediments el compliment dels quals assegura la satisfacció de les exigències bàsiques i la superació dels nivells mínims de qualitat propis del requisit bàsic d'estalvi d'energia.

#### **15.1 Exigència bàsica HE 1: Limitació de demanda energètica**

Els *edificis* han de disposar d'un envoltant amb unes característiques que limiti adequadament la *demanda energètica* necessària per assolir el *benestar tèrmic* en funció del clima de la localitat, de l'ús de l'edifici i del règim d'estiu i d'hivern, així com per les seves característiques d'aïllament i inèrcia, permeabilitat a l'aire i exposició a la radiació solar, reduir el risc d'aparició d'humitats de condensació superficials i intersticials que puguin perjudicar les seves característiques i tractar adequadament els *punts tèrmics* per limitar les pèrdues o guanys de calor i evitar-hi problemes higrotèrmics.

#### **15.2 Exigència bàsica HE 2: Rendiment de les instal·lacions tèrmiques**

Els *edificis* han de disposar d'instal·lacions tèrmiques apropiades destinades a proporcionar el *benestar tèrmic* dels ocupants, i s'ha de regular el rendiment d'aquestes i dels seus equips. Aquesta exigència es deplega actualment en el vigent Reglament d'instal·lacions tèrmiques als edificis, RITE, i la seva aplicació ha de quedar definida en el *projecte* de l'*edifici*.

#### **15.3 Exigència bàsica HE 3: Eficiència energètica de les instal·lacions d'il·luminació**

Els *edificis* han de disposar d'instal·lacions d'il·luminació adequades a les necessitats dels *usuaris* i a la vegada eficaces energèticament, i disposar d'un sistema de control que permeti ajustar l'encesa a l'ocupació real de la zona, així com d'un sistema de regulació que optimitzi l'aprofitament de la llum natural a les zones que reuneixin unes condicions determinades.

#### **15.4 Exigència bàsica HE 4: Contribució solar mínima d'aigua calenta sanitària**

Als *edificis*, amb previsió de demanda d'aigua calenta sanitària o de climatització de piscina coberta, en què ho estableixi aquest CTE, una part de les necessitats energètiques tèrmiques derivades d'aquesta demanda s'ha de cobrir mitjançant la incorporació en aquests de sistemes de captació, emmagatzematge i utilització d'energia solar de baixa temperatura, adequada a la radiació solar global del seu emplaçament i a la demanda d'aigua calenta de l'edifici. Els valors derivats d'aquesta exigència bàsica tenen la consideració de mínims, sens perjudici de valors que puguin establir les administracions competents i que contribueixin a la sostenibilitat, atenent les característiques pròpies de la seva localització i àmbit territorial.



**15.5. Exigència bàsica HE 5: Contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica**

Als edificis que estableixi aquest CTE s'han d'incorporar sistemes de captació i transformació d'energia solar en energia elèctrica mitjançant procediments fotovoltaics per a ús propi o subministrament a la xarxa. Els valors derivats d'aquesta exigència bàsica tenen la consideració de mínims, sens perjudici de valors més estrictes que puguin establir les administracions competents i que contribueixin a la sostenibilitat, atenent les característiques pròpies de la seva localització i àmbit territorial.

**II Àmbit d'aplicació**

L'àmbit d'aplicació en aquest DB s'especifica, per a cada secció de què es compon, en els seus apartats respectius.

El contingut d'aquest DB es refereix únicament a les exigències bàsiques relacionades amb el requisit bàsic "estalvi d'energia". També s'han de complir les exigències bàsiques de la resta de requisits bàsics, fet que es possibilita mitjançant l'aplicació del DB corresponent a cadascun d'aquests.

**III Criteris generals d'aplicació**

Es poden utilitzar altres solucions diferents de les que conté aquest DB; en aquest cas, s'ha de seguir el procediment que estableix l'article 5 de la part I del CTE i s'ha de justificar en el projecte el compliment de les exigències bàsiques.

Les cites a normes equivalents a normes EN la referència a les quals hagi estat publicada en el *Diari Oficial de la Unió Europea*, en el marc de l'aplicació de la Directiva 89/106/CEE, sobre productes de construcció, o d'altres directives, s'han de relacionar amb la versió de la referència esmentada.

**IV Condicions particulars per al compliment del DB-HE**

L'aplicació dels procediments d'aquest DB s'ha de portar a terme d'acord amb les condicions particulars que estableix i amb les condicions generals per al compliment del CTE, les condicions del projecte, les condicions en l'execució de les obres i les condicions de l'edifici que figuren en els articles 5, 6, 7 i 8 respectivament de la part I del CTE.

**V Termes i definicions**

Als efectes d'aplicació d'aquest DB, els termes que figuren en lletra cursiva s'han d'utilitzar d'acord amb el significat i les condicions que s'estableixen per a cadascun d'aquests, bé als apèndixs A de cadascuna de les seccions d'aquest DB, bé a l'annex III de la part I d'aquest CTE, quan siguin termes d'ús comú en el conjunt del Codi.

## Índex

### SECCIÓ HE 1 LIMITACIÓ DE DEMANDA ENERGÈTICA

#### 1 Generalitats

- 1.1 Àmbit d'aplicació
- 1.2 Procediment de verificació

#### 2 Caracterització i quantificació de les exigències

- 2.1 Demanda energètica
- 2.2 Condensacions
- 2.3 Permeabilitat a l'aire

#### 3 Càlcul i dimensionament

- 3.1 Dades prèvies
- 3.2 Opció simplificada
- 3.3 Opció general

#### 4 Productes de construcció

- 4.1 Característiques exigibles als productes
- 4.2 Característiques exigibles als tancaments i particions interiors de l'envoltant tèrmic
- 4.3 Control de recepció a l'obra de productes

#### 5 Construcció

- 5.1 Execució
- 5.2 Control de l'execució de l'obra
- 5.3 Control de l'obra acabada

#### Apèndix A Terminologia

#### Apèndix B Notacions i unitats

#### Apèndix C Normes de referència

#### Apèndix D Zones climàtiques

#### Apèndix E Càlcul dels paràmetres característics de la demanda

#### Apèndix F Resistència tèrmica total d'un element d'edificació constituït per capes homogènies i heterogènies

#### Apèndix G Condensacions

#### Apèndix H Fitxes justificatives de l'opció simplificada

### SECCIÓ HE 2 RENDIMENT DE LES INSTAL·LACIONS TÈRMiques

L'exigència bàsica HE 2 es desplega en el Reglament d'instal·lacions tèrmiques als edificis (RITE) vigent.

**SECCIÓ HE 3 EFICIÈNCIA ENERGÈTICA DE LES INSTAL·LACIONS D'IL·LUMINACIÓ****1 Generalitats**

- 1.1 Àmbit d'aplicació
- 1.2 Procediment de verificació
- 1.3 Documentació justificativa

**2 Caracterització i quantificació de les exigències**

- 2.1 Valor d'eficiència energètica de la instal·lació
- 2.2 Sistemes de control i regulació

**3 Càlcul i dimensionament**

- 3.1 Dades prèvies
- 3.2 Mètode de càlcul

**4 Productes de construcció**

- 4.1 Equipaments
- 4.2 Control de recepció a l'obra dels productes

**5 Manteniment i conservació****Apèndix A Terminologia****Apèndix B Normes de referència****SECCIÓ HE 4 CONTRIBUCIÓ SOLAR MÍNIMA D'AIGUA CALENTA SANITÀRIA****1 Generalitats**

- 1.1 Àmbit d'aplicació
- 1.2 Procediment de verificació

**2 Caracterització i quantificació de les exigències**

- 2.1 Contribució solar mínima

**3 Càlcul i dimensionament**

- 3.1 Dades prèvies
- 3.2 Condicions generals de la instal·lació
- 3.3 Criteris generals de càlcul
- 3.4 Components
- 3.5 Càlcul de les pèrdues per orientació i inclinació
- 3.6 Càlcul de pèrdues de radiació solar per ombres

**4 Manteniment**

- 4.1 Pla de vigilància
- 4.2 Pla de manteniment

**Apèndix A Terminologia****Apèndix B Taules de referència****Apèndix C Normes de referència**

## **SECCIÓ HE 5 CONTRIBUCIÓ FOTOVOLTAICA MÍNIMA D'ENERGIA ELÈCTRICA**

### **1 Generalitats**

- 1.1 Àmbit d'aplicació
- 1.2 Procediment de verificació

### **2 Caracterització i quantificació de les exigències**

- 2.1 Potència elèctrica mínima
- 2.2 Determinació de la potència que s'ha d'instal·lar

### **3 Càlcul i dimensionament**

- 3.1 Zones climàtiques
- 3.2 Condicions generals de la instal·lació
- 3.3 Càlcul de les pèrdues per orientació i inclinació
- 3.4 Càlcul de les pèrdues de radiació solar per ombres

### **4 Manteniment**

- 4.1 Pla de vigilància
- 4.2 Pla de manteniment preventiu

### **Apèndix A Terminologia**

### **Apèndix B Taules de referència**

### **Apèndix C Normes de referència**

## Secció HE 1

### Limitació de demanda energètica

## 1 Generalitats

### 1.1. Àmbit d'aplicació

- 1 Aquesta secció és aplicable a:
  - a) edificis de nova construcció;
  - b) modificacions, reformes o rehabilitacions d'edificis existents amb una superfície útil superior a 1.000 m<sup>2</sup> on es renovi més del 25% del total dels *tancaments*.
- 2 S'exclouen del camp d'aplicació:
  - a) les edificacions que per les seves característiques d'utilització hagin de quedar obertes;
  - b) edificis i monuments protegits oficialment perquè són part d'un entorn declarat o per raó del seu particular valor arquitectònic o històric, quan el compliment d'aquestes exigències pugui alterar-ne de manera inacceptable el caràcter o aspecte;
  - c) edificis utilitzats com a llocs de culte i per a activitats religioses;
  - d) construccions provisionals amb un termini previst d'utilització igual o inferior a dos anys;
  - e) instal·lacions industrials, tallers i edificis agrícoles no residencials;
  - f) edificis aïllats amb una superfície útil total inferior a 50 m<sup>2</sup>.

### 1.2 Procediment de verificació

- 1 Per a l'aplicació correcta d'aquesta secció s'han de realitzar les verificacions següents:
  - a) en el projecte s'ha d'optar per un dels dos procediments alternatius de comprovació següents:
    - i) **opció simplificada**, basada en el control indirecte de la demanda energètica dels edificis mitjançant la limitació dels paràmetres característics dels *tancaments* i *particions interiors* que componen el seu envoltant tèrmic. La comprovació es realitza a través de la comparació dels valors obtinguts en el càlcul amb els valors límit permesos. Aquesta opció es pot aplicar a obres d'edificació de nova construcció que compleixin els requisits que especifica l'apartat 3.2.1.2 i a obres de rehabilitació d'edificis existents;
    - ii) **opció general**, basada en l'avaluació de la demanda energètica dels edificis mitjançant la comparació d'aquesta amb la corresponent a un edifici de referència que defineix l'opció pròpia. Aquesta opció es pot aplicar a tots els edificis que compleixin els requisits que especifica el punt 3.3.1.2.

En totes dues opcions es limita la presència de condensacions a la superfície i a l'interior dels *tancaments* i es limiten les pèrdues energètiques degudes a les infiltracions d'aire, per a unes condicions normals d'utilització dels edificis.

  - b) durant la construcció dels edificis s'han de comprovar les indicacions que descriu l'apartat 5.

## 2 Caracterització i quantificació de les exigències

### 2.1 Demanda energètica

- 1 La demanda energètica dels edificis es limita en funció del clima de la localitat en què s'ubiquen, segons la zonificació climàtica que estableix l'apartat 3.1.1, i de la càrrega interna en els seus espais segons l'apartat 3.1.2.
- 2 La demanda energètica ha de ser inferior a la corresponent a un edifici en el qual els paràmetres característics dels *tancaments* i *particions interiors* que componen el seu *envoltant tèrmic* siguin els valors límit que estableixen les taules 2.2.
- 3 Els paràmetres característics que defineixen l'*envoltant tèrmic* s'agrupen en els tipus següents:
  - a) transmitància tèrmica de murs de façana  $U_M$ ;
  - b) transmitància tèrmica de cobertes  $U_C$ ;
  - c) transmitància tèrmica de terres  $U_S$ ;
  - d) transmitància tèrmica de tancaments en contacte amb el terreny  $U_T$ ;
  - e) transmitància tèrmica de buits  $U_H$ ;
  - f) factor solar modificat de buits  $F_H$ ;
  - g) factor solar modificat de lluernes  $F_L$ ;
  - h) transmitància tèrmica de parets mitgeres  $U_{MD}$ .
- 4 Per evitar descompensacions entre la qualitat tèrmica de diferents espais, cadascun dels *tancaments* i *particions interiors* de l'*envoltant tèrmic* ha de tenir una transmitància no superior als valors que indica la taula 2.1 en funció de la zona climàtica en què s'ubiqui l'edifici.

**Taula 2.1** Transmitància tèrmica màxima de *tancaments* i *particions interiors* de l'*envoltant tèrmic*  
U en  $W/m^2 K$

<i>Tancaments i particions interiors</i>	ZONES A	ZONES B	ZONES C	ZONES D	ZONES E
Murs de façana, <i>particions interiors</i> en contacte amb espais no habitables, primer metre del perímetre de terres recolzats sobre el terreny <sup>(1)</sup> i primer metre de murs en contacte amb el terreny	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Terres	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cobertes	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidres i marcs <sup>(2)</sup>	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Parets mitgeres	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> S'hi inclouen les lloses o soleres enterrades a una profunditat no superior a 0,5 m.

<sup>(2)</sup> Les transmitàncies tèrmiques de vidres i marcs s'han de comparar separatament.

- 5 En edificis d'habitatges, les *particions interiors* que limiten les *unitats d'ús* amb sistema de calefacció previst al projecte, amb les zones comunes de l'edifici no calefactades, han de tenir cadascuna una transmitància no superior a  $1,2 W/m^2 K$ .

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

Taulas 2.2 Valors límit dels paràmetres característics mitjans

**ZONA CLIMÀTICA A3**

Transmitància límit de murs de façana i tancaments en contacte amb el terreny  
 Transmitància límit de terres  
 Transmitància límit de cobertes  
 Factor solar modificat límit de lluernes

 $U_{Mlim}: 0,94 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  $U_{Slim}: 0,53 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  $U_{Clim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  $F_{Llim}: 0,29$ 

% de superfície de buits	Transmitància límit de buits <sup>(1)</sup> $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificat límit de buits $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Càrrega interna baixa			Càrrega interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
d'11 a 20	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	-	-	-	0,48	-	0,51
de 41 a 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,57	-	0,60	0,41	0,57	0,44
de 51 a 60	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,50	-	0,54	0,36	0,51	0,39

**ZONA CLIMÀTICA A4**

Transmitància límit de murs de façana i tancaments en contacte amb el terreny  
 Transmitància límit de terres  
 Transmitància límit de cobertes  
 Factor solar modificat límit de lluernes

 $U_{Mlim}: 0,94 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  $U_{Slim}: 0,53 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  $U_{Clim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  $F_{Llim}: 0,29$ 

% de superfície de buits	Transmitància límit de buits <sup>(1)</sup> $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificat límit de buits $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Càrrega interna baixa			Càrrega interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
d'11 a 20	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,56	-	0,57
de 31 a 40	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	0,57	-	0,58	0,43	0,59	0,44
de 41 a 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,47	-	0,48	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,40	0,55	0,42	0,30	0,42	0,32

<sup>(1)</sup> En els casos en què la transmitància mitjana dels murs de façana  $U_{Mm}$ , que defineix l'apartat 3.2.2.1, sigui inferior a 0,67 W/m<sup>2</sup>K es pot prendre el valor d' $U_{Hlim}$  indicat entre parèntesis per a les zones climàtiques A3 i A4.

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

**ZONA CLIMÀTICA B3**

**Transmitància límit de murs de façana i tancaments en contacte amb el terreny**

**$U_{Mlim}$ : 0,82 W/m<sup>2</sup>K**

**Transmitància límit de terres**

**$U_{Slim}$ : 0,52 W/m<sup>2</sup>K**

**Transmitància límit de cobertes**

**$U_{Clim}$ : 0,45 W/m<sup>2</sup>K**

**Factor solar modificat límit de lluernes**

**$F_{Llim}$ : 0,30**

% de superfície de buits	Transmitància límit de buits <sup>(1)</sup> $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificat límit de buits $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Càrrega interna baixa			Càrrega interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
d'11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	-	-	-	0,45	-	0,50
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

**ZONA CLIMÀTICA B4**

**Transmitància límit de murs de façana i tancaments en contacte amb el terreny**

**$U_{Mlim}$ : 0,82 W/m<sup>2</sup>K**

**Transmitància límit de terres**

**$U_{Slim}$ : 0,52 W/m<sup>2</sup>K**

**Transmitància límit de cobertes**

**$U_{Clim}$ : 0,45 W/m<sup>2</sup>K**

**Factor solar modificat límit de lluernes**

**$F_{Llim}$ : 0,28**

% de superfície de buits	Transmitància límit de buits <sup>(1)</sup> $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificat límit de buits $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Càrrega interna baixa			Càrrega interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
d'11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,55	-	0,57
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	0,55	-	0,58	0,42	0,59	0,44
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,45	-	0,48	0,34	0,49	0,36
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,39	0,55	0,41	0,29	0,42	0,31

<sup>(1)</sup> En els casos en què la transmitància mitjana dels murs de façana  $U_{Mm}$ , que defineix l'apartat 3.2.2.1, sigui inferior a 0,58 W/m<sup>2</sup>K es pot prendre el valor d' $U_{Hlim}$  indicat entre parèntesis per a les zones climàtiques B3 i B4.



## Document bàsic HE Estalvi d'energia

**ZONA CLIMÀTICA C1**

Transmitància límit de murs de façana i tancaments en contacte amb el terreny

$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitància límit de terres

$U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitància límit de cobertes

$U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$

Factor solar modificat límit de lluernes

$F_{Llim}: 0,37$

% de superfície de buits	Transmitància límit de buits <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificat límit de buits $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Càrrega interna baixa			Càrrega interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
d'11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,56	-	0,60
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	-	-	-	0,47	-	0,52
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	-	-	-	0,42	-	0,46

**ZONA CLIMÀTICA C2**

Transmitància límit de murs de façana i tancaments en contacte amb el terreny

$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitància límit de terres

$U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmitància límit de cobertes

$U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$

Factor solar modificat límit de lluernes

$F_{Llim}: 0,32$

% de superfície de buits	Transmitància límit de buits <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificat límit de buits $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Càrrega interna baixa			Càrrega interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
d'11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,47	-	0,51
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,59	-	-	0,40	0,58	0,43
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,51	-	0,55	0,35	0,52	0,38

<sup>(1)</sup> En els casos en què la transmitància mitjana dels murs de façana  $U_{Mm}$ , que defineix l'apartat 3.2.2.1, sigui inferior a 0,52  $\text{W/m}^2\text{K}$  es pot prendre el valor d' $U_{Hlim}$  indicat entre parèntesis per a les zones climàtiques C1, C2, C3 i C4.

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

**ZONA CLIMÀTICA C3**

**Transmitància límit de murs de façana i tancaments en contacte amb el terreny**  
**Transmitància límit de terres**  
**Transmitància límit de cobertes**  
**Factor solar modificat límit de lluernes**

**$U_{Mlim}$ : 0,73 W/m<sup>2</sup> K**  
 **$U_{Slim}$ : 0,50 W/m<sup>2</sup> K**  
 **$U_{Clim}$ : 0,41 W/m<sup>2</sup> K**  
 **$F_{Llim}$ : 0,28**

% de superfície de buits	Transmitància límit de buits <sup>(1)</sup> $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificat límit de buits $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Càrrega interna baixa			Càrrega interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
d'11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,55	-	0,59
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,43	-	0,46
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,51	-	0,54	0,35	0,52	0,39
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,43	-	0,47	0,31	0,46	0,34

**ZONA CLIMÀTICA C4**

**Transmitància límit de murs de façana i tancaments en contacte amb el terreny**  
**Transmitància límit de terres**  
**Transmitància límit de cobertes**  
**Factor solar modificat límit de lluernes**

**$U_{Mlim}$ : 0,73 W/m<sup>2</sup> K**  
 **$U_{Slim}$ : 0,50 W/m<sup>2</sup> K**  
 **$U_{Clim}$ : 0,41 W/m<sup>2</sup> K**  
 **$F_{Llim}$ : 0,27**

% de superfície de buits	Transmitància límit de buits <sup>(1)</sup> $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificat límit de buits $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Càrrega interna baixa			Càrrega interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
d'11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,54	-	0,56
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	0,54	-	0,56	0,41	0,57	0,43
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,47	-	0,46	0,34	0,47	0,35
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,38	0,53	0,39	0,29	0,40	0,30

<sup>(1)</sup> En els casos en què la transmitància mitjana dels murs de façana  $U_{Mlim}$ , que defineix l'apartat 3.2.2.1, sigui inferior a 0,52 W/m<sup>2</sup>K es pot prendre el valor d' $U_{Hlim}$  indicat entre parèntesis per a les zones climàtiques C1, C2, C3 i C4.

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

**ZONA CLIMÀTICA D1**

**Transmitància límit de murs de façana i tancaments en contacte amb el terreny**

**$U_{Mlim}$ : 0,66 W/m<sup>2</sup> K**

**Transmitància límit de terres**

**$U_{Slim}$ : 0,49 W/m<sup>2</sup> K**

**Transmitància límit de cobertes**

**$U_{Clim}$ : 0,38 W/m<sup>2</sup> K**

**Factor solar modificat límit de lluernes**

**$F_{Lim}$ : 0,36**

% de superfície de buits	Transmitància límit de buits <sup>(1)</sup> $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificat límit de buits $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Càrrega interna baixa			Càrrega interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
d'11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,54	-	0,58
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	-	-	-	0,45	-	0,49
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	-	-	-	0,40	0,57	0,44

**ZONA CLIMÀTICA D2**

**Transmitància límit de murs de façana i tancaments en contacte amb el terreny**

**$U_{Mlim}$ : 0,66 W/m<sup>2</sup> K**

**Transmitància límit de terres**

**$U_{Slim}$ : 0,49 W/m<sup>2</sup> K**

**Transmitància límit de cobertes**

**$U_{Clim}$ : 0,38 W/m<sup>2</sup> K**

**Factor solar modificat límit de lluernes**

**$F_{Lim}$ : 0,31**

% de superfície de buits	Transmitància límit de buits <sup>(1)</sup> $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificat límit de buits $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Càrrega interna baixa			Càrrega interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
d'11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,58	-	0,61
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,46	-	0,49
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	-	-	0,61	0,38	0,54	0,41
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,49	-	0,53	0,33	0,48	0,36

**ZONA CLIMÀTICA D3**

**Transmitància límit de murs de façana i tancaments en contacte amb el terreny**

**$U_{Mlim}$ : 0,66 W/m<sup>2</sup> K**

**Transmitància límit de terres**

**$U_{Slim}$ : 0,49 W/m<sup>2</sup> K**

**Transmitància límit de cobertes**

**$U_{Clim}$ : 0,38 W/m<sup>2</sup> K**

**Factor solar modificat límit de lluernes**

**$F_{Lim}$ : 0,28**

% de superfície de buits	Transmitància límit de buits <sup>(1)</sup> $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificat límit de buits $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Càrrega interna baixa			Càrrega interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
d'11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,54	-	0,57
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,42	0,58	0,45
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	0,50	-	0,53	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,42	0,61	0,46	0,30	0,43	0,32

<sup>(1)</sup> En els casos en què la transmitància mitjana dels murs de façana  $U_{Mm}$ , que defineix l'apartat 3.2.2.1, sigui inferior a 0,47 W/m<sup>2</sup>K es pot prendre el valor d' $U_{Hlim}$  indicat entre parèntesis per a les zones climàtiques D1, D2 i D3.

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

**ZONA CLIMÀTICA E1**

**Transmitància límit de murs de façana i tancaments en contacte amb el terreny**

**$U_{Mlim}$ : 0,57 W/m<sup>2</sup> K**

**Transmitància límit de terres**

**$U_{Slim}$ : 0,48 W/m<sup>2</sup> K**

**Transmitància límit de cobertes**

**$U_{Clim}$ : 0,35 W/m<sup>2</sup> K**

**Factor solar modificat límit de lluernes**

**$F_{Llim}$ : 0,36**

% de superfície de buits	Transmitància límit de buits <sup>(1)</sup> $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificat límit de buits $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Càrrega interna baixa			Càrrega interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
d'11 a 20	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,6 (2,9)	3,0 (3,1)	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,1	3,1	-	-	-	0,54	-	0,56
de 41 a 50	2,0 (2,2)	2,4 (2,6)	3,1	3,1	-	-	-	0,45	0,60	0,49
de 51 a 60	1,9 (2,0)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	-	-	-	0,40	0,54	0,43

<sup>(1)</sup> En els casos en què la transmitància mitjana dels murs de façana  $U_{Mm}$ , que defineix l'apartat 3.2.2.1, sigui inferior a 0,43 W/m<sup>2</sup>K es pot prendre el valor d' $U_{Hlim}$  indicat entre parèntesis per a la zona climàtica E1.

## 2.2 Condensacions

- 1 Les condensacions superficials en els *tancaments i particions interiors* que componen l'*envoltant tèrmic* de l'edifici s'han de limitar de manera que s'eviti la formació de floridures a la superfície interior. Per a això, a les superfícies interiors dels tancaments que puguin absorbir aigua o susceptibles de degradar-se, i especialment en els punts tèrmics d'aquests, la humitat relativa mitjana mensual a la superfície esmentada ha de ser inferior al 80%.
- 2 Les condensacions intersticials que es produeixen en els *tancaments i particions interiors* que componen l'*envoltant tèrmic* de l'edifici no poden produir una minva significativa en les seves prestacions tèrmiques ni suposar un risc de degradació o pèrdua de la seva vida útil. A més, la màxima condensació acumulada en cada període anual no pot ser superior a la quantitat d'evaporació possible en el mateix període.

## 2.3 Permeabilitat a l'aire

- 1 La fusteria i tancaments metàl·lics dels buits (finestres i portes) i lluernes dels *tancaments* es caracteritzen per la seva permeabilitat a l'aire.
- 2 La permeabilitat de la fusteria i tancaments metàl·lics dels buits i lluernes dels *tancaments* que limiten els *espais habitables* dels edificis amb l'ambient exterior es limita en funció del clima de la localitat en què s'ubiquen, segons la zonificació climàtica que estableix l'apartat 3.1.1.
- 3 La permeabilitat a l'aire de la fusteria i tancaments metàl·lics, mesurada amb una sobrepressió de 100 Pa, ha de tenir uns valors inferiors als següents:
  - a) per a les zones climàtiques A i B:  $50 \text{ m}^3/\text{h m}^2$ ;
  - b) per a les zones climàtiques C, D i E:  $27 \text{ m}^3/\text{h m}^2$ .

## 3 Càlcul i dimensionament

### 3.1 Dades prèvies

#### 3.1.1 Zonificació climàtica

- 1 Per a la limitació de la demanda energètica s'estableixen 12 zones climàtiques identificades mitjançant una lletra, corresponent a la divisió d'hivern, i un número, corresponent a la divisió d'estiu. En general, la zona climàtica on s'ubiquen els edificis es determina a partir dels valors tabulats. En localitats que no siguin capitals de província i que disposin de registres climàtics contrastats es poden emprar, amb justificació prèvia, zones climàtiques específiques.
- 2 El procediment per a la determinació de la zonificació climàtica el recull l'apèndix D.

#### 3.1.2 Classificació dels espais

- 1 Els espais interiors dels edificis es classifiquen en *espais habitables* i *espais no habitables*.
- 2 Als efectes de càlcul de la demanda energètica, els *espais habitables* es classifiquen en funció de la quantitat de calor dissipada al seu interior, a causa de l'activitat realitzada i del període d'utilització de cada espai, en les categories següents:
  - a) espais amb càrrega interna baixa: espais en què es dissipa poca calor.  
Són els espais destinats principalment a residir-hi, amb caràcter eventual o permanent. En aquesta categoria s'inclouen tots els espais d'edificis d'habitatges i les zones o espais d'edificis assimilables a aquests en ús i dimensió, com ara habitacions d'hotel, habitacions d'hospitals i sales d'estar, així com les seves zones de circulació vinculades.
  - b) espais amb càrrega interna alta: espais en els quals es genera gran quantitat de calor a causa de la seva ocupació, il·luminació o equips existents. Són els espais no inclosos a la definició d'espais amb baixa càrrega interna. El conjunt d'aquests espais forma la zona d'alta càrrega interna de l'edifici.

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

- 3 Als efectes de comprovació de la limitació de condensacions en els tancaments, els *espais habitables* es caracteritzen per l'*excés d'humitat interior*. En absència de dades més precises i d'acord amb la classificació que expressa la norma EN ISO 13788: 2002 s'estableixen les categories següents:
- espais de classe d'higrometria 5: espais en què es prevegi una gran producció d'humitat, com ara bugaderies i piscines;
  - espais de classe d'higrometria 4: espais en què es prevegi una alta producció d'humitat, com ara cuines industrials, restaurants, pavellons esportius, dutxes col·lectives o altres d'ús similar;
  - espais de classe d'higrometria 3 o inferior: espais en què no es prevegi una alta producció d'humitat. S'inclouen en aquesta categoria tots els espais d'edificis residencials i la resta dels espais no indicats anteriorment.

### 3.1.3 Definició de l'envoltant tèrmic de l'edifici i classificació dels seus components

- L'*envoltant tèrmic* de l'edifici, tal com mostra la figura 3.2, està format per tots els *tancaments* que limiten *espais habitables* amb l'ambient exterior (aire o terreny o un altre edifici) i per totes les *particions interiors* que limiten els *espais habitables* amb els *espais no habitables* que ahora estiguin en contacte amb l'ambient exterior.
- Els *tancaments* i *particions interiors* dels espais *habitables* es classifiquen segons la seva situació en les categories següents:
  - cobertes: comprenen els tancaments superiors en contacte amb l'aire la inclinació dels quals sigui inferior a 60° respecte de l'horitzontal;
  - terres: comprenen els tancaments inferiors horitzontals o lleugerament inclinats que estiguin en contacte amb l'aire, amb el terreny o amb un *espai no habitable*;
  - façanes: comprenen els tancaments exteriors en contacte amb l'aire la inclinació dels quals sigui superior a 60° respecte de l'horitzontal. S'agrupen en 6 orientacions segons els sectors angulars que conté la figura 3.1. L'orientació d'una façana es caracteritza mitjançant l'angle  $\alpha$  que és el format pel nord geogràfic i la normal exterior de la façana, mesurat en sentit horari;
  - parets mitgeres: comprenen els *tancaments* que tenen límit amb altres edificis ja construïts o que es construeixin a la vegada i que formin una divisió comuna. Si l'edifici es construeix posteriorment, el tancament es considera, a efectes tèrmics, una façana;
  - tancaments en contacte amb el terreny: comprenen els tancaments diferents dels anteriors que estan en contacte amb el terreny;
  - particions interiors: comprenen els elements constructius horitzontals o verticals que separen l'interior de l'edifici en diferents recintes.

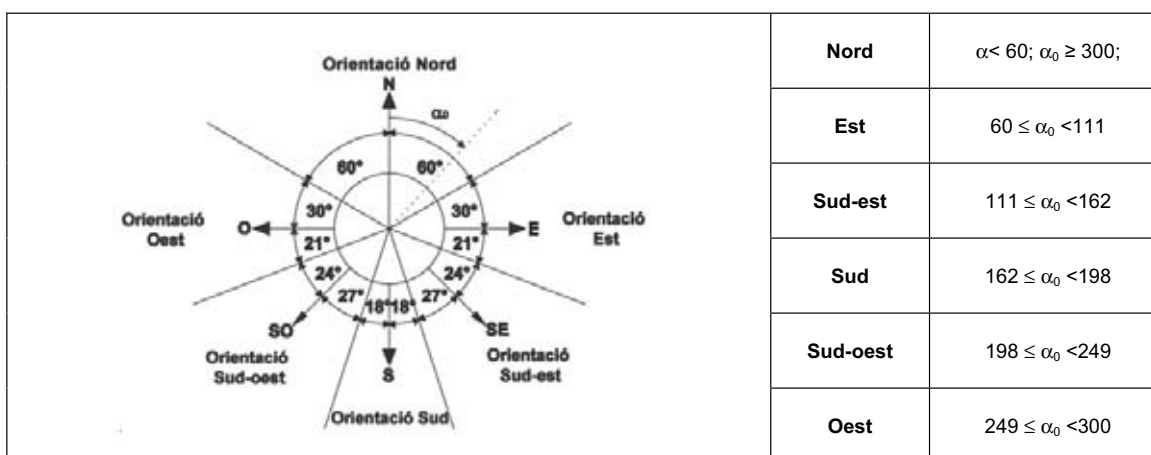


Figura 3.1. Orientacions de les façanes

- 3 Els *tancaments dels espais habitables* es classifiquen segons el seu comportament tèrmic diferent i el càlcul dels seus paràmetres característics en les categories següents:
- a) tancaments en contacte amb l'aire:
    - i) part opaca, constituïda per murs de façana, cobertes, terres en contacte amb l'aire i els ponts tèrmics integrats;
    - ii) part semitransparent, constituïda per buits (finestres i portes) de façana i lluernes de cobertes.
  - b) tancaments en contacte amb el terreny, classificats segons els tipus següents:
    - i) terres en contacte amb el terreny;
    - ii) murs en contacte amb el terreny;
    - iii) cobertes enterrades.
  - c) *particions interiors* en contacte amb *espais no habitables*, classificats segons els tipus següents:
    - i) *particions interiors* en contacte amb qualsevol *espai no habitable* (excepte cambres sanitàries);
    - ii) terres en contacte amb cambres sanitàries.

## 3.2 Opció simplificada

### 3.2.1 Aplicació de l'opció

#### 3.2.1.1 Objecte

- 1 L'objecte de l'opció simplificada és:
- a) limitar la demanda energètica dels edificis, d'una manera indirecta, mitjançant l'establiment de determinats valors límit dels paràmetres de transmitància tèrmica U i del factor solar modificat F dels components de l'*envoltant tèrmic*;
  - b) limitar la presència de condensacions a la superfície i a l'interior dels tancaments per a les condicions ambientals que estableix aquest *Document bàsic*;
  - c) limitar les infiltracions d'aire en els buits i lluernes;
  - d) limitar als edificis d'habitatges la transmissió de calor entre les *unitats d'ús* calefactades i les zones comunes no calefactades.

#### 3.2.1.2 Aplicabilitat

- 1 Es pot utilitzar l'opció simplificada quan es compleixin simultàniament les condicions següents:
- a) que el percentatge de buits a cada façana sigui inferior al 60% de la seva superfície;
  - b) que el percentatge de lluernes sigui inferior al 5% de la superfície total de la coberta.
- 2 Com a excepció, s'admeten percentatges de buits superiors al 60% a les façanes les àrees de les quals suposin un percentatge inferior al 10% de l'àrea total de les façanes de l'edifici.
- 3 Queden exclosos els edificis els tancaments dels quals estiguin formats per solucions constructives no convencionals com ara *murs Trombe*, *murs parietodinàmics*, *hivernacles adossats*, etc.
- 4 En el cas d'obres de rehabilitació, s'han d'aplicar als nous tancaments els criteris que estableix aquesta opció.

#### 3.2.1.3 Tancaments i particions interiors objecte de l'opció

- 1 Són objecte d'aquesta opció simplificada els *tancaments* i *particions interiors* que componen l'*envoltant tèrmic* de l'edifici i que defineix l'apartat 3.1.3.
- 2 Als efectes de limitació de la demanda, s'inclouen en la consideració anterior només els *ponts tèrmics* la superfície dels quals sigui superior a 0,5 m<sup>2</sup> i que estiguin integrats a les façanes, com ara pilars, contorns de buits i caixes de persiana.
- 3 No s'inclouen en la consideració anterior les portes el percentatge de superfície semitransparent de les quals sigui inferior al 50%.

### 3.2.1.4 Conformitat amb l'opció

- 1 El procediment aplicable mitjançant l'opció simplificada és el següent:
  - a) determinació de la zona climàtica segons l'apartat 3.1.1;
  - b) classificació dels espais de l'edifici segons l'apartat 3.1.2;
  - c) definició de l'*envoltant tèrmic* i tancaments objecte segons l'apartat 3.2.1.3;
  - d) comprovació del compliment de les limitacions de permeabilitat a l'aire que estableix l'apartat 2.3 de la fusteria i tancaments metàl·lics dels buits i lluernes de l'*envoltant tèrmic*;
  - e) càlcul dels paràmetres característics dels diferents components dels tancaments i *particions interiors* segons l'apèndix E;
  - f) limitació de la demanda energètica:
    - i) comprovació que cadascuna de les transmitàncies tèrmiques dels *tancaments* i *particions interiors* que formen l'*envoltant tèrmic* és inferior al valor màxim que indica la taula 2.1;
    - ii) càlcul de la mitjana dels diferents paràmetres característics per a la zona amb baixa càrrega interna i la zona d'alta càrrega interna de l'edifici segons l'apartat 3.2.2.1;
    - iii) comprovació que els paràmetres característics mitjans de la zona de baixa càrrega interna i la zona d'alta càrrega interna són inferiors als valors límit de les taules 2.2, tal com descriu l'apartat 3.2.2.2;
    - iv) en edificis d'habitatge, limitació de la transmitància tèrmica de les *particions interiors* que separen les unitats d'ús amb les zones comunes de l'edifici, segons l'apartat 2.1;
  - g) control de les condensacions intersticials i superficials segons l'apartat 3.2.3.

### 3.2.1.5 Documentació justificativa

- 1 A la memòria del projecte s'ha de justificar el compliment de les condicions que estableix aquesta secció mitjançant les fitxes justificatives del càlcul dels paràmetres característics mitjans i els formularis de conformitat que figuren a l'apèndix H per a la zona habitable de baixa càrrega interna i la d'alta càrrega interna de l'edifici.

## 3.2.2 Comprovació de la limitació de la demanda energètica

### 3.2.2.1 Paràmetres característics mitjans

- 1 Tant per a les zones de baixa càrrega interna com per a la zones d'alta càrrega interna dels edificis, s'ha de calcular el valor dels paràmetres característics dels *tancaments* i *particions interiors* tal com descriu l'apèndix E i s'han d'agrupar en les categories que descriu l'apartat 3.1.3.
- 2 Per a cada categoria s'ha de determinar la mitjana dels paràmetres característics U i F, que s'obté ponderant els paràmetres corresponents a cada tancament segons la seva fracció d'àrea amb relació a l'àrea total de la categoria a la qual pertany.
- 3 S'obtenen d'aquesta manera els valors següents:
  - a) transmitància mitjana de cobertes  $U_{Cm}$ , incloent en la mitjana la transmitància de les lluernes  $U_L$  i els ponts tèrmics integrats a la coberta  $U_{PC}$ ;
  - b) transmitància mitjana de terres  $U_{Sm}$ ;
  - c) transmitància mitjana de murs de façana per a cada orientació  $U_{Mm}$ , incloent en la mitjana els ponts tèrmics integrats a la façana com ara contorn de buits  $U_{PF1}$ , pilars en façana  $U_{PF2}$  i de caixes de persianes  $U_{PF3}$ , o altres;
  - d) transmitància mitjana de tancaments en contacte amb el terreny  $U_{Tm}$ ;
  - e) transmitància mitjana de buits de façanes  $U_{Hm}$  per a cada orientació;
  - f) factor solar modificat mitjà de buits de façanes  $F_{Hm}$  per a cada orientació;
  - g) factor solar modificat mitjà de lluernes de cobertes  $F_{Hm}$ .
- 4 Les àrees dels tancaments es consideren a partir de les dimensions preses des de l'interior de l'edifici.



### 3.2.2.2 Valors límit dels paràmetres característics mitjans

- 1 Tant per a les zones de baixa càrrega interna com per a la zones d'alta càrrega interna dels edificis, els paràmetres característics mitjans dels *tancaments* i *particions interiors* que limiten els *espais habitables* han de ser inferiors als valors límit que indiquen les taules 2.2 en funció de la zona climàtica en què es trobi l'edifici, de la manera següent:
  - a) la transmitància mitjana de murs de façana  $U_{Mm}$  per a cada orientació i la transmitància mitjana de tancaments en contacte amb el terreny  $U_{Tm}$  han de ser inferiors a la transmitància límit de murs  $U_{Mlim}$ ;
  - b) la transmitància mitjana de terres  $U_{Sm}$  ha de ser inferior a la transmitància límit de terres  $U_{Slim}$ ;
  - c) la transmitància mitjana de cobertes  $U_{Cm}$  ha de ser inferior a la transmitància límit de cobertes  $U_{Clim}$ ;
  - d) el factor solar modificat mitjà de lluernes  $F_{Lm}$  ha de ser inferior al factor solar modificat límit de lluernes  $F_{Llim}$ .
  - e) la transmitància mitjana de buits  $U_{Hm}$  en funció del percentatge de buits i de la transmitància mitjana de murs de façana  $U_{Mm}$  ha de ser inferior, per a cada orientació, a la transmitància límit de buits  $U_{Hlim}$ ;
  - f) el factor solar modificat mitjà de buits  $F_{Hm}$  en funció del percentatge de buits i de la zona de l'edifici de la qual es tracti (de baixa càrrega interna o d'alta càrrega interna) ha de ser inferior, per a cada orientació de façana, al factor solar modificat límit de buits  $F_{Hlim}$ .
- 2 La figura 3.2 i la taula 3.1 resumeixen aquesta verificació.
- 3 En cas que en una determinada façana el percentatge de buits sigui superior al 60% de la seva superfície i suposi una àrea inferior al 10% de l'àrea total de les façanes de l'edifici, la transmitància mitjana de la façana esmentada  $U_F$  (incloent-hi part opaca i buits) ha de ser inferior a la transmitància mitjana que resulti si el percentatge és del 60%.

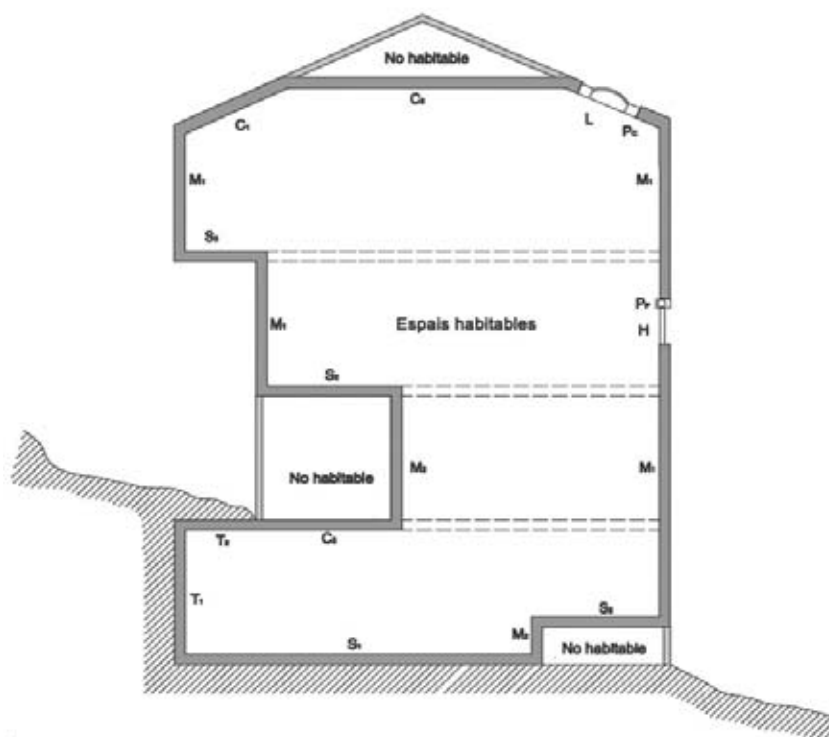


Figura 3.2 Esquema de l'envoltant tèrmic d'un edifici

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

Taula 3.1 Síntesi del procediment de comparació amb els valors límit

Tancaments i particions interiors	Components		Paràmetres característics	Paràmetres característics mitjans	Comparació amb els valors límit
COBERTES	C <sub>1</sub>	En contacte amb l'aire	U <sub>C1</sub>	$U_{cm} = \frac{\sum A_c \cdot U_c + \sum A_{pc} \cdot U_{pc} + \sum A_L \cdot U_L}{\sum A_c + \sum A_{pc} + \sum A_L}$	U <sub>Cm</sub> ≤ U <sub>Clim</sub>
	C <sub>2</sub>	En contacte amb un espai no habitable	U <sub>C2</sub>		
	P <sub>C</sub>	Pont tèrmic (Contorn de lluerna > 0,5 m <sup>2</sup> )	U <sub>PC</sub>		
	L	Lluernes	U <sub>L</sub>	$F_{Lm} = \frac{\sum A_F \cdot F_L}{\sum A_F}$	F <sub>Lm</sub> ≤ F <sub>Llim</sub>
	F <sub>L</sub>				
FAÇANES	M <sub>1</sub>	Mur en contacte amb l'aire	U <sub>M1</sub>	$U_{Mm} = \frac{\sum A_M \cdot U_M + \sum A_{PF} \cdot U_{PF}}{\sum A_M + \sum A_{PF}}$	U <sub>Mm</sub> ≤ U <sub>Mlim</sub>
	M <sub>2</sub>	Mur en contacte amb espais no habitables	U <sub>M2</sub>		
	P <sub>F1</sub>	Pont tèrmic (contorn de buits > 0,5 m <sup>2</sup> )	U <sub>PF1</sub>		
	P <sub>F2</sub>	Pont tèrmic (pilars en façana > 0,5 m <sup>2</sup> )	U <sub>PF2</sub>		
	P <sub>F3</sub>	Pont tèrmic (caixes de persiana > 0,5 m <sup>2</sup> )	U <sub>PF3</sub>		
	H	Buits	U <sub>H</sub>	$U_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot U_H}{\sum A_H}$	U <sub>Hm</sub> ≤ U <sub>Hlim</sub>
	F <sub>H</sub>		$F_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot F_H}{\sum A_H}$	F <sub>Hm</sub> ≤ F <sub>Hlim</sub>	
TERRES	S <sub>1</sub>	Recolzats sobre el terreny	U <sub>S1</sub>	$U_{Sm} = \frac{\sum A_s \cdot U_s}{\sum A_s}$	U <sub>Sm</sub> ≤ U <sub>Slim</sub>
	S <sub>2</sub>	En contacte amb espais no habitables	U <sub>S2</sub>		
	S <sub>3</sub>	En contacte amb l'aire exterior	U <sub>S3</sub>		
TANCAMENTS EN CONTACTE AMB EL TERRENY	T <sub>1</sub>	Murs en contacte amb el terreny	U <sub>T1</sub>	$U_{Tm} = \frac{\sum A_T \cdot U_T}{\sum A_T}$	U <sub>Tm</sub> ≤ U <sub>Mlim</sub>
	T <sub>2</sub>	Cobertes enterrades	U <sub>T2</sub>		
	T <sub>3</sub>	Terres a una profunditat superior a 0,5 m	U <sub>T3</sub>		

NOTES: El càlcul es realitza per a la zona de baixa càrrega interna i per a la zona d'alta càrrega interna dels edificis. La taula no és exhaustiva pel que fa als components dels tancaments i particions interiors.

### 3.2.3 Comprovació de la limitació de condensacions

#### 3.2.3.1 Condensacions superficials

- 1 La comprovació de la limitació de condensacions superficials es basa en la comparació del factor de temperatura de la superfície interior  $f_{Rsi}$  i el factor de temperatura de la superfície interior mínim  $f_{Rsi,min}$  per a les condicions interiors i exteriors corresponents al mes de gener i que especifica l'apartat G.1 d'aquesta secció.
- 2 Per a la comprovació de la limitació de condensacions superficials en els *tancaments* i *punts tèrmics* s'ha de comprovar que el factor de temperatura de la superfície interior és superior al factor de temperatura de la superfície interior mínim. Aquest factor es pot obtenir a partir de la taula 3.2 en funció del tipus d'espai, classificat segons l'apartat 3.1.2, i la zona climàtica on es trobi l'edifici.

Taula 3.2 Factor de temperatura de la superfície interior mínim  $f_{Rsi,min}$

Categoria de l'espai	ZONES	ZONES	ZONES	ZONES	ZONES
	A	B	C	D	E
Classe d'higrometria 5	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
Classe d'higrometria 4	0,66	0,66	0,69	0,75	0,78
Classe d'higrometria 3 o inferior a 3	0,50	0,52	0,56	0,61	0,64

- 3 El compliment dels valors de transmissió màxima de la taula 2.1 assegurin, per als tancaments i particions interiors dels espais de classe d'higrometria 4 o inferior, la verificació de la condició anterior. No obstant això, s'ha de comprovar en els punts tèrmics.
- 4 En cas que es disposi d'informació suficient, el factor de temperatura de la superfície interior mínim es pot calcular mitjançant el mètode que descriu l'apartat G.2.1.2 sota les condicions interiors i exteriors corresponents al mes de gener de la localitat.
- 5 El càlcul del factor de temperatura superficial corresponent a cada *tancament* o *punt tèrmic* es realitza segons la metodologia que descriu l'apartat G.2.1.1.
- 6 Estan exemptes de la comprovació les *particions interiors* que limitin amb *espais no habitables* on es prevegi escassa producció de vapor d'aigua, així com els *tancaments* en contacte amb el terreny.

#### 3.2.3.2 Condensacions intersticials

- 1 El procediment per a la comprovació de la formació de condensacions intersticials es basa en la comparació entre la pressió de vapor i la pressió de vapor de saturació que hi ha a cada punt intermedi d'un tancament format per diferents capes, per a les condicions interiors i exteriors corresponents al mes de gener i que especifica l'apartat G.1 d'aquesta secció.
- 2 Per comprovar que no es produeixin condensacions intersticials s'ha de verificar que la pressió de vapor a la superfície de cada capa és inferior a la pressió de vapor de saturació.
- 3 Per a cada tancament objecte s'ha de calcular, segons l'apartat G.2.2:
  - a) la distribució de temperatures;
  - b) la distribució de pressions de vapor de saturació per a les temperatures calculades abans;
  - c) la distribució de pressions de vapor.
- 4 Estan exemptes de la comprovació els *tancaments* en contacte amb el terreny i els *tancaments* que disposin de barrera contra el pas de vapor d'aigua en la part calenta del tancament. Per a *particions interiors* en contacte amb *espais no habitables* en els quals es prevegi gran producció d'humitat, s'ha de col·locar la barrera de vapor a la banda de l'*espai no habitable esmentat*.
- 5 En cas que es produeixin condensacions intersticials en una capa diferent de la d'aïllament, s'ha de comprovar que la quantitat d'aigua condensada en cada període anual no sigui superior a la quantitat d'aigua evaporada possible en el mateix període. Per a això, s'ha de repetir el procediment descrit anteriorment, però per a cada mes de l'any, a partir de les dades climàtiques de l'apartat G.1 i s'ha de calcular en cadascun d'aquests i per a cada capa de material la quantitat d'aigua condensada o evaporada segons el procés que descriu l'apartat 6 de la norma UNE EN ISO 13788:2002.
- 6 Llevat que hi hagi justificació expressa en el projecte, es considera nul·la la quantitat d'aigua condensada admissible en els materials aïllants.

### 3.2.4 Permeabilitat a l'aire

- 1 Es consideren vàlids els buits i les lluernes classificats segons la norma UNE EN 12 207:2000 i assajats segons la norma UNE EN 1 026:2000 per a les diferents zones climàtiques:
  - a) per a les zones climàtiques A i B: buits i lluernes de classe 1, classe 2, classe 3, classe 4;
  - b) per a les zones climàtiques C, D i E: buits i lluernes de classe 2, classe 3, classe 4.

## 3.3. Opció general

### 3.3.1 Aplicació de l'opció general

#### 3.3.1.1 Objecte

- 1 L'objecte de l'opció general és quàdruple i consisteix a:
  - a) limitar la demanda energètica dels edificis d'una manera directa, avaluant la demanda esmentada mitjançant el mètode de càlcul que especifica 3.3.2. Aquesta avaluació es realitza considerant l'edifici en dues situacions:
    - i) com a edifici objecte, és a dir, l'edifici tal qual ha estat projectat en geometria (forma i mida), construcció i operació;
    - ii) com a edifici de referència, que té la mateixa forma i mida de l'edifici objecte; la mateixa zonificació interior i el mateix ús de cada zona que té l'edifici objecte; els mateixos obstacles remots de l'edifici objecte; i unes qualitats constructives dels components de façana, terra i coberta d'una banda i uns elements d'ombra de l'altra que garanteixen el compliment de les exigències de demanda energètica que estableix l'apartat 2.1;
  - b) limitar la presència de condensacions en l'envoltant tèrmic, segons l'apartat 2.2;
  - c) limitar les infiltracions d'aire per a les condicions que estableix el punt 2.3.

#### 3.3.1.2 Aplicabilitat

- 1 L'única limitació per a la utilització de l'opció general és la derivada de l'ús a l'edifici de solucions constructives innovadores els models de les quals no puguin ser introduïts en el programa informàtic que s'utilitzi.
- 2 En cas que s'utilitzin solucions constructives no incloses en el programa s'han de justificar en el projecte les millores d'estalvi d'energia introduïdes i que s'han d'obtenir mitjançant mètode de simulació o càlcul a l'ús.

#### 3.3.1.3 Conformitat amb l'opció

- 1 El procediment aplicable per verificar que un edifici és conforme a l'opció general consisteix a comprovar que:
  - a) les demandes energètiques de l'*envoltant tèrmic* de l'edifici objecte per a règim de calefacció i refrigeració són totes dues inferiors a les de l'edifici de referència. Per règim de calefacció s'entén, com a mínim, els mesos de desembre a febrer, tots dos inclosos, i per règim de refrigeració, els mesos de juny a setembre, tots dos inclosos.  
Com a excepció, s'admet que en cas que per a l'edifici objecte una de les dues demandes anteriors sigui inferior al 10% de l'altra, s'ignori el compliment de la restricció associada a la demanda més baixa.  
A més, per evitar descompensacions entre la qualitat tèrmica de diferents espais, cadascun dels *tancaments* i *particions interiors* de l'*envoltant tèrmic* han de tenir una transmitància no superior als valors que indica la taula 2.1 en funció de la zona climàtica en què s'ubiqui l'edifici.
  - b) la humitat relativa mitjana mensual a la superfície interior sigui inferior al 80% per controlar les condensacions superficials. Comprovar, a més, que la humitat acumulada a cada capa del tancament s'asseca al llarg d'un any, i que la màxima condensació acumulada en un mes no sigui superior al valor admissible per a cada material aïllant.
  - c) el compliment de les limitacions de permeabilitat a l'aire de la fusteria i els tancaments metàl·lics dels buits que estableix l'apartat 2.3.

- d) en el cas d'edificis d'habitatges, la limitació de la transmitància tèrmica de les *particions interiors* que limiten les unitats d'ús amb les zones comunes de l'edifici segons l'apartat 2.1.
- 2 Aquestes comprovacions s'han de realitzar mitjançant programes informàtics que desenvolupin el mètode de càlcul.

### 3.3.2 Mètode de càlcul

#### 3.3.2.1 Especificacions del mètode de càlcul

- 1 El mètode de càlcul que s'utilitzi per demostrar el compliment de l'opció general s'ha de basar en càlcul hora a hora, en règim transitori, del comportament tèrmic de l'edifici, tenint en compte de manera simultània les sol·licitacions exteriors i interiors i considerant els efectes de massa tèrmica.
- 2 El desenvolupament del mètode de càlcul ha de preveure els aspectes següents:
- particularització de les sol·licitacions exteriors de radiació solar a les diferents orientacions i inclinacions dels *tancaments* de l'envoltant, tenint en compte les ombres pròpies de l'edifici i la presència d'altres edificis o obstacles que poden bloquejar la radiació esmentada;
  - determinació de les ombres produïdes sobre els buits per obstacles de façana com ara volades, reculades, sortints laterals, etc.;
  - valoració dels guanys i pèrdues per conducció a través de tancaments opacs i buits envitrats considerant la radiació absorbida;
  - transmissió de la radiació solar a través de les superfícies semitransparents tenint en compte la dependència amb l'angle d'incidència;
  - valoració de l'efecte de persianes i cortines exteriors a través de coeficients correctors del factor solar i de la transmitància tèrmica del buit.
  - càlcul d'infiltracions a partir de la permeabilitat de les finestres;
  - comprovació de la limitació de condensacions superficials i intersticials;
  - presa en consideració de la ventilació en termes de renovacions/hora per a les diferents zones i d'acord amb uns patrons de variació horaris i estacionals.
  - valoració de l'efecte de les càrregues internes, diferenciant les seves fraccions radiants i convectives i tenint en compte variacions horàries de la intensitat d'aquestes per a cada zona tèrmica;
  - valoració de la possibilitat que els espais es comportin a temperatura controlada o en oscil·lació lliure (durant els períodes en què la temperatura d'aquests se situï espontàniament entre els valors de consignació i durant els períodes sense ocupació);
  - acoblament tèrmic entre zones adjacents de l'edifici que es trobin a diferent nivell tèrmic.

#### 3.3.2.2 Descripció de l'edifici necessària per a la utilització del mètode de càlcul

- 1 Per a l'ús de l'opció general s'ha de disposar de les dades que es detallen a continuació.
- 2 Per a la definició geomètrica és necessari especificar les dades o paràmetres següents:
- situació, forma, dimensions dels costats, orientació i inclinació de tots els tancaments d'*espais habitables i no habitables*. Igualment s'ha d'especificar si estan en contacte amb aire o amb el terreny;
  - longitud dels ponts tèrmics, tant dels integrats a les façanes com dels lineals procedents de punts d'unió entre *tancaments*;
  - per a cada tancament, la situació, la forma i les dimensions dels buits (portes, finestres, llurnes i claraboies) que conté;
  - per a cada buit, la situació, la forma i les dimensions dels obstacles de façana, incloent-hi reculades, volades, tendals, sortints laterals i qualsevol altre element de control solar exterior al buit;
  - per a les persianes i cortines exteriors, no se n'ha de definir la geometria sinó que s'hi han d'incloure coeficients correctors dels paràmetres de caracterització del buit;
  - La situació, forma i dimensions dels obstacles remots que puguin projectar ombra sobre els *tancaments* exteriors de l'edifici.
- 3 Per a la definició constructiva s'han d'especificar per a cada tipus de tancament les dades següents:
- Part opaca dels *tancaments*:

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

- i) gruix i propietats de cadascuna de les capes (conductivitat tèrmica, densitat, calor específica i factor de resistència a la difusió del vapor d'aigua);
    - ii) absortivitat de les superfícies exteriors enfront de la radiació solar en cas que el tancament estigui en contacte amb l'aire exterior;
    - iii) factor de temperatura de la superfície interior en cas que es tracti de tancaments sense capa aïllant.
  - b) Ponts tèrmics:
    - i) transmitància tèrmica lineal
  - c) Buits i lluernes:
    - i) transmitància de l'envidrament i del marc;
    - ii) factor solar de l'envidrament;
    - iii) absortivitat del marc;
    - iv) corrector del factor solar i corrector de la transmitància per a persianes o cortines exteriors;
    - v) permeabilitat a l'aire de la fusteria i els tancaments metàl·lics dels buits per a una sobrepessió de 100 Pa. (Per a les portes s'ha de proporcionar sempre un valor per defecte igual a  $60 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ).
- 4 S'ha d'especificar per a cada espai si es tracta d'un *espai habitable* o *no habitable*, indicant per a aquests últims si són de baixa càrrega interna o alta càrrega interna.
- 5 S'ha d'indicar per a cada espai la categoria d'aquest en funció de la classe d'higrometria o, en cas que es pugui justificar, la temperatura i la humitat relativa mitjana mensual de l'espai esmentat per a tots els mesos de l'any.

**3.3.2.3 Programa informàtic de referència**

- 1 El mètode de càlcul de l'opció general es formalitza a través d'un programa informàtic oficial o de referència que realitza de manera automàtica els aspectes que esmenta l'apartat anterior, amb l'entrada prèvia de les dades necessàries.
- 2 La versió oficial d'aquest programa es denomina Limitació de la Demanda Energètica, LIDER, té la consideració de document reconegut del CTE i està disponible per al públic per a la seva lliure utilització.

**3.3.2.4 Mètodes alternatius de càlcul**

- 1 Per a la verificació de l'opció general es poden utilitzar altres programes d'ordinador alternatius basats en el mètode de càlcul i que siguin documents reconeguts del CTE.
- 2 Amb la finalitat que qualsevol programa informàtic que desenvolupi el mètode de càlcul pugui ser acceptat com a procediment vàlid per emplenar l'opció general, aquest ha de ser validat amb el procediment que s'estableixi per al seu reconeixement.

**4 Productes de construcció****4.1 Característiques exigibles als productes**

- 1 Els edificis es caracteritzen tèrmicament a través de les propietats higrotèrmiques dels productes de construcció que componen el seu envoltant tèrmic.
- 2 Es distingeixen els productes per als murs i la part cega de les cobertes, dels productes per als buits i lluernes.
- 3 Els productes per als murs i la part cega de les cobertes es defineixen mitjançant les propietats higromètriques següents:
  - a) la conductivitat tèrmica  $\lambda$  (W/mk);
  - b) el factor de resistència a la difusió del vapor d'aigua  $\mu$ .
- 4 Si s'escau, a més es poden definir les propietats següents:
  - a) la densitat  $\rho$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );
  - b) la calor específica  $c_p$  (J/kg.K).

- 5 Els productes per a buits i lluernes es caracteritzen mitjançant els paràmetres següents:
  - a) Part semitransparent del buit per:
    - i) la transmitància tèrmica  $U$  ( $W/m^2K$ );
    - ii) el factor solar,  $g_{\perp}$ .
  - b) Marcs de buits (portes i finestres) i lluernes per:
    - i) la transmitància tèrmica  $U$  ( $W/m^2K$ );
    - ii) l'absortivitat  $\alpha$ .
- 6 Els valors de disseny de les propietats esmentades s'obtenen de valors declarats per a cada producte, segons marcatge CE, o de documents reconeguts per a cada tipus de producte.
- 7 En el plec de condicions del projecte s'han d'expressar les característiques higròtiques dels productes utilitzats en els *tancaments* i *particions interiors* que componen l'envoltant tèrmic de l'edifici. Si aquests estan recollits com a documents reconeguts, es poden prendre les dades que hi hagi incloses per defecte. Si no hi estan incloses, a la memòria s'han d'incloure els càlculs justificatius dels valors esmentats i consignar-los en el plec.
- 8 En tots els casos s'han d'utilitzar valors tèrmics de disseny, els quals es poden calcular a partir dels valors tèrmics declarats d'acord amb la norma UNE EN ISO 10 456:2001. En general i llevat que hi hagi justificació els valors de disseny són els definits per a una temperatura de 10 °C i un contingut d'humitat corresponent a l'equilibri amb un ambient a 23 °C i 50% d'humitat relativa.

#### **4.2 Característiques exigibles als *tancaments* i *particions interiors* de l'envoltant tèrmic**

- 1 Les característiques exigibles als *tancaments* i *particions interiors* són les expressades mitjançant els paràmetres característics d'acord amb el que indica l'apartat 2 d'aquest document bàsic.
- 2 El càlcul d'aquests paràmetres ha de figurar a la memòria del projecte. Al plec de condicions del projecte s'han de consignar els valors i les característiques exigibles als *tancaments* i *particions interiors*.

#### **4.3 Control de recepció a l'obra de productes**

- 1 Al plec de condicions del projecte s'han d'indicar les condicions particulars de control per a la recepció dels productes que formen els *tancaments* i *particions interiors* de l'envoltant tèrmic, incloent-hi els assajos necessaris per comprovar que aquests reuneixen les característiques que exigeixen els apartats anteriors.
- 2 S'ha de comprovar que els productes rebuts:
  - a) corresponen als que especifica el plec de condicions del projecte;
  - b) disposen de la documentació exigida;
  - c) estan caracteritzats per les propietats exigides;
  - d) han estat assajats, quan així ho estableixi el plec de condicions o ho determini el director de l'execució de l'obra amb el vistiplau del director d'obra, amb la freqüència establerta.
- 3 En el control s'han de seguir els criteris que indica l'article 7.2 de la part I del CTE.

### **5 Construcció**

- 1 En el projecte s'han de definir i justificar les característiques tècniques mínimes que han de reunir els productes, com també les condicions d'execució de cada unitat d'obra, amb les verificacions i els controls especificats per comprovar-ne la conformitat amb el que indica el projecte esmentat, d'acord amb el que indica l'article 6 de la part I del CTE.

#### **5.1 Execució**

- 1 Les obres de construcció de l'edifici s'han d'executar amb subjecció al projecte, a la legislació aplicable, a les normes de la bona pràctica constructiva i a les instruccions del director d'obra i del director de l'execució de l'obra, d'acord amb el que indica l'article 7 de la part I

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

del CTE. En el plec de condicions del projecte s'han d'indicar les condicions particulars d'execució dels *tancaments* i *particions interiors* de l'envoltant tèrmic.

## 5.2 Control de l'execució de l'obra

- 1 El control de l'execució de les obres s'ha de realitzar d'acord amb les especificacions del projecte, els seus annexos i modificacions autoritzats pel director d'obra i les instruccions del director de l'execució de l'obra, d'acord amb el que indiquen l'article 7.3 de la part I del CTE i altres normatives vigents aplicables.
- 2 S'ha de comprovar que l'execució de l'obra es realitza d'acord amb els controls i amb la freqüència d'aquests que estableix el plec de condicions del projecte.
- 3 Qualsevol modificació que es pugui introduir durant l'execució de l'obra ha de quedar a la documentació de l'obra executada sense que en cap cas es deixin de complir les condicions mínimes que assenyalava aquest document bàsic.

### 5.2.1 Tancaments i particions interiors de l'envoltant tèrmic

- 1 S'ha de prestar atenció especial a l'execució dels ponts tèrmics integrats en els *tancaments*, com ara pilars, contorns de buits i caixes de persiana, atenent els detalls constructius corresponents.
- 2 S'ha de controlar que la posada en obra dels aïllants tèrmics s'ajusta al que indica el projecte, quant a la seva col·locació, posició, dimensions i tractament de punts singulars.
- 3 S'ha de prestar atenció especial a l'execució dels ponts tèrmics, com ara fronts de forjat i punts d'unió entre *tancaments*, atenent els detalls constructius corresponents.

### 5.2.2 Condensacions

- 1 Si és necessària la interposició d'una barrera de vapor, s'ha de col·locar a la cara calenta del tancament i controlar que durant l'execució no s'hi produeixin trencaments o deterioraments.

### 5.2.3 Permeabilitat a l'aire

- 1 S'ha de comprovar que la fixació dels bastiments de la fusteria i els tancaments metàl·lics que formen els buits (portes i finestres) i lluernes es realitza de manera que quedi garantida l'estanquitat a la permeabilitat de l'aire especificada segons la zonificació climàtica que correspongui.

## 5.3 Control de l'obra acabada

- 1 En el control de l'obra acabada s'han de seguir els criteris que indica l'article 7.4 de la part I del CTE.
- 2 En aquesta secció del document bàsic no es prescriuen proves finals.



## Apèndix A Terminologia

**Absortivitat:** Fracció de la radiació solar incident a una superfície que és absorbida per aquesta. L'absortivitat va de 0,0 (0%) fins a 1,0 (100%).

**Benestar tèrmic:** Condicions interiors de temperatura, humitat i velocitat de l'aire establertes reglamentàriament que es considera que produeixen una sensació de benestar adequada i suficient als ocupants.

**Buit:** És qualsevol element semitransparent de l'*envoltant de l'edifici*. Comprèn les finestres i portes envidrades.

**Components de l'edifici:** S'entén per components de l'edifici els que apareixen en el seu *envoltant de l'edificació*: *tancaments*, *buits* i *punts tèrmics*.

**Condicions higrotèrmiques:** Són les condicions de temperatura seca i humitat relativa que prevalen en els ambients exterior i interior per al càlcul de les condensacions intersticials.

**Demanda energètica:** És l'energia necessària per mantenir a l'interior de l'edifici unes condicions de confort definides reglamentàriament en funció de l'ús de l'edifici i de la zona climàtica en què s'ubiqui. Es compon de la demanda energètica de calefacció corresponent als mesos de la temporada de calefacció i de refrigeració, respectivament.

**Edifici de referència:** Edifici obtingut a partir de l'edifici objecte, la demanda energètica del qual ha de ser més gran, tant en règim de calefacció com de refrigeració, que la de l'edifici objecte. S'obté a partir de l'edifici objecte substituint els *tancaments* per altres que compleixen els requisits de l'opció simplificada.

**Edifici objecte:** Edifici del qual es vol verificar el compliment de la reglamentació.

**Emissivitat:** Capacitat relativa d'una superfície per radiar calor. Els factors d'emissivitat van de 0,0 (0%) fins a 1,0 (100%).

**Envoltant de l'edificació:** Es compon de tots els *tancaments* de l'edifici.

**Envoltant tèrmic:** Es compon dels tancaments de l'edifici que separen els recintes *habitables* de l'ambient exterior i les *particions interiors* que separen els *recintes habitables* dels *no habitables* que al seu torn estiguin en contacte amb l'ambient exterior.

**Espai habitable:** Espai format per un o diversos *recintes habitables* contigus amb el mateix ús i condicions tèrmiques equivalents agrupats als efectes de càlcul de demanda energètica.

**Espai habitable de baixa càrrega interna:** Espai on es dissipa poca calor. Comprèn principalment els recintes destinats a residir-hi, amb caràcter eventual o permanent. En aquesta categoria s'inclouen tots els espais d'edificis d'habitatges i les zones o espais d'edificis assimilables a aquests en ús i dimensió, com ara habitacions d'hotel, habitacions d'hospitals i sales d'estar, com també les seves zones de circulació vinculades.

En el cas d'espais no destinats a habitatges, el projectista ha d'estimar si la calor dissipada per les fonts internes a l'interior de l'espai es pot assimilar a la que es podria produir si fos un espai d'habitatge, per exemple, una petita sala d'estar d'una residència d'ancians podria tenir les mateixes fonts internes que un saló d'un habitatge.

**Espai no habitable:** Espai format per un o diversos *recintes no habitables* contigus amb el mateix ús i condicions tèrmiques equivalents agrupats a l'efecte de càlcul de demanda energètica.

**Excés d'humitat interior:** Quocient entre la quantitat mitjana de producció d'humitat produïda a l'interior d'un espai (kg/h) i el producte de la taxa de renovació d'aire pel volum d'aquest ( $m^3/h$ ). L'excés d'humitat interior s'expressa en  $kg/m^3$ .

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

**Lluerna:** Qualsevol buit situat en una coberta, per tant la seva inclinació ha de ser menor de 60° respecte de l'horitzontal.

**Factor d'ombra:** És la fracció de la radiació incident en un buit que no és bloquejada per la presència d'obstacles de façana com ara reculades, volades, tendals, sortints laterals o altres.

**Factor de temperatura de la superfície interior:** És el quocient entre la diferència de temperatura superficial interior i la de l'ambient exterior i la diferència de temperatura de l'ambient interior i exterior.

**Factor solar:** És el quocient entre la radiació solar a incidència normal que s'introdueix a l'edifici a través de l'envidrament i la que s'introduiria si l'envidrament se substituís per un buit perfectament transparent.

**Factor solar modificat:** Producte del factor solar pel factor d'ombra.

**Graus dia:** Graus dia d'un període determinat de temps és la suma, per a tots els dies d'aquest període de temps, de la diferència entre una temperatura fixa, o base dels graus dia, i la temperatura mitjana del dia, quan aquesta temperatura mitjana diària sigui inferior a la temperatura base.

**Humitat relativa:** És la fracció de la pressió de saturació que representa la pressió parcial del vapor d'aigua a l'espai o ambient exterior en estudi. Es té en compte en el càlcul de les condensacions, superficials i intersticials en els tancaments.

**Hivernacle adossat:** Recinte no condicionat format per un tancament exterior amb un percentatge alt de superfície envidrada que es col·loca adjacent a les façanes d'un edifici. L'element de façana que actua de separació entre l'hivernacle i les zones interiors de l'edifici pot incloure també envidraments. És possible l'existència d'una circulació d'aire generalment forçada a través del recinte esmentat, bé en forma de recirculació de l'aire interior o de preescalfament d'aire exterior que s'empra per a ventilació. A aquesta mateixa categoria pertanyen les galeries i els balcons envidrats.

**Material:** Part d'un producte sense considerar-ne la forma de lliurament, forma i dimensions, sense cap revestiment o recobriments.

**Mur parietodinàmic:** *Tancament* que aprofita l'energia solar per al preescalfament de l'aire exterior de ventilació. Generalment està format per una fulla interior de fàbrica, una cambra d'aire i una fulla exterior envidriada o metàl·lica que absorbeix la radiació solar. La circulació de l'aire pot ser natural (termosifó) o forçada.

**Mur Trombe:** *Tancament* que aprofita l'energia solar per a l'escalfament per recirculació de l'aire interior de l'edifici. Generalment està format per una fulla interior de fàbrica, una cambra d'aire i un envidrament exterior. La circulació de l'aire pot ser natural (termosifó) o forçada. També es denomina mur solar ventilat.

**Paràmetre característic:** Els paràmetres característics són les magnituds que se subministren com a dades d'entrada als procediments d'emplenament, tant el simplificat com el general.

**Partició interior:** Element constructiu de l'edifici que divideix el seu interior en recintes independents. Poden ser verticals o horitzontals (terres i sostres).

**Permeabilitat a l'aire:** És la propietat d'una finestra o porta de deixar passar l'aire quan es troba sotmesa a una pressió diferencial. La permeabilitat a l'aire es caracteritza per la capacitat de pas de l'aire, expressada en  $m^3/h$ , en funció de la diferència de pressions.

**Permeabilitat al vapor d'aigua:** És la quantitat de vapor que passa a través de la unitat de superfície de material de gruix unitat quan la diferència de pressió de vapor entre les seves cares és la unitat.

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

**Percentatge de buits:** Fracció de l'àrea total de la façana ocupada pels buits d'aquesta, expressada en percentatge.

**Producte:** Forma final d'un material llest per ser utilitzat, de forma i dimensions donades, i que inclou qualsevol recobriments o revestiment.

**Pont tèrmic:** Es consideren ponts tèrmics les zones de l'envoltant de l'edifici en què s'evidencia una variació de la uniformitat de la construcció, ja sigui per un canvi del gruix del tancament, dels materials utilitzats, per penetració d'elements constructius amb conductivitat diferent, etc., fet que comporta necessàriament una disminució de la resistència tèrmica respecte a la resta dels tancaments. Els ponts tèrmics són parts sensibles dels edificis on augmenta la possibilitat de producció de condensacions superficials, en la situació d'hivern o èpoques fredes.

Els ponts tèrmics més comuns en l'edificació, que s'han de tenir en compte en l'anàlisi, es classifiquen en:

- a) ponts tèrmics integrats en els *tancaments*:
  - i) pilars integrats en els *tancaments* de les façanes;
  - ii) contorn de buits i lluernes;
  - iii) caixes de persianes;
  - iv) altres ponts tèrmics integrats;
- b) ponts tèrmics formats per punts d'unió de *tancaments*:
  - i) fronts de forjat a les façanes;
  - ii) unions de cobertes amb façanes;
    - cobertes amb ampit;
    - cobertes sense ampit;
  - iii) unions de façanes amb *tancaments* en contacte amb el terreny;
    - unió de façana amb llosa o solera;
    - unió de façana amb mur enterrat o pantalla;
  - iv) cantonades o punts d'unió de façanes, depenent de la posició respecte de l'ambient exterior se subdivideixen en:
    - cantonades entrants;
    - cantonades sortints;
- c) punts d'unió de volades amb façanes;
- d) punts d'unió d'envans interiors amb façanes.

**Recinte habitable:** Recinte interior destinat a l'ús de persones la densitat d'ocupació i el temps d'estada del qual exigeixen unes condicions acústiques, tèrmiques i de salubritat adequades. Es consideren recintes habitables els següents:

- a) habitacions i estances (dormitoris, menjadors, biblioteques, salons, etc.) en edificis residencials;
- b) aules, biblioteques, despatxos, en edificis d'ús docent;
- c) quiròfans, habitacions, sales d'espera, en edificis d'ús sanitari;
- d) oficines, despatxos; sales de reunió, en edificis d'ús administratiu;
- e) cuines, banys, lavabos, passadissos i distribuïdors, en edificis de qualsevol ús;
- f) zones comunes de circulació a l'interior dels edificis;
- g) qualsevol altre amb un ús assimilable als anteriors.

**Recinte no habitable:** Recinte interior no destinat a l'ús permanent de persones o l'ocupació del qual, pel fet de ser ocasional o excepcional i de ser curt el temps d'estada, només exigeix unes condicions de salubritat adequades. En aquesta categoria s'inclouen explícitament com a no habitables els garatges, trasters, les cambres tècniques i golfes no condicionades, i les seves zones comunes.

**Règim d'hivern:** Condicions d'ús de l'edifici que prevalen durant la temporada de calefacció.

---

Document bàsic HE Estalvi d'energia

---

**Règim d'estiu:** Condicions d'ús de l'edifici que prevalen durant la temporada de refrigeració.

**Severitat climàtica:** La severitat climàtica d'una localitat és el quocient entre la demanda energètica d'un edifici qualsevol a la localitat esmentada i la corresponent al mateix edifici en una localitat de referència. En aquesta reglamentació s'ha pres Madrid com a localitat de referència, i per tant la seva severitat climàtica n'és la unitat. Es defineix una severitat climàtica per a estiu i una altra per a hivern.

**Tancament:** Element constructiu de l'edifici que el separa de l'exterior, ja sigui aire, terreny o altres edificis.

**Temporada de calefacció:** En aquesta secció s'estén, com a mínim, de desembre a febrer.

**Temporada de refrigeració:** En aquesta secció s'estén de juny a setembre.

**Transmitància tèrmica:** És el flux de calor, en règim estacionari, dividit per l'àrea i per la diferència de temperatures dels medis situats a cada costat de l'element que es considera.

**Unitat d'ús:** Edifici o part d'aquest destinada a un ús específic, en què els usuaris estan vinculats entre si, bé per pertànyer a una mateixa unitat familiar, empresa, corporació; o bé per formar part d'un grup o col·lectiu que fa la mateixa activitat. Es consideren unitats d'ús diferents, entre altres, les següents:

En edificis d'habitatge, cadascun dels habitatges.

En hospitals, hotels, residències, etc., cada habitació, incloent-hi els seus annexos.

En edificis docents, cada aula, laboratori, etc.

**Zona climàtica:** En aquesta secció es defineixen 12 zones climàtiques en funció de les severitats climàtiques d'hivern (A, B, C, D, E) i estiu (1, 2, 3, 4) de la localitat en qüestió. S'exclouen les combinacions impossibles per a la climatologia espanyola.

## Apèndix B Notacions i unitats

$\alpha$	Absortivitat, adimensional
$\beta$	Angle d'inclinació de lamel·les horitzontals, graus sexagesimals
$\varphi$	Humitat relativa, en %
$\varphi_e$	Humitat relativa exterior, en %
$\varphi_i$	Humitat relativa interior, en %
$\theta_n$	Temperatura en la capa n, en °C
$\theta_e$	Temperatura exterior, en °C
$\theta_i$	Temperatura interior, en °C
$\theta_{si}$	Temperatura superficial interior, en °C
$\theta_{si,min}$	Temperatura superficial interior mínima acceptable, en °C
$\theta_{es}$	Temperatura superficial exterior, en °C
$\lambda$	Conductivitat tèrmica, en W/m.K
$\rho$	Densitat, en kg/m <sup>3</sup>
$\mu$	Factor de resistència a la difusió del vapor d'aigua, adimensional
$\sigma$	Angle d'orientació de lamel·les verticals, graus sexagesimals
$\tau$	Transmitància de teixit en tendals, adimensional
$c_p$	Calor específica, en J/kg.K
A	Àrea de la solera o llosa, m <sup>2</sup>
D	Amplada de banda d'aïllament, en m
G	Ritme de producció de la humitat interior, en kg/h
$\Delta v$	Excés d'humitat interior $v_i - v_e$ , en kg/m <sup>3</sup>
$\Delta p$	Excés de pressió de vapor interior $P_i - P_e$ , en Pa
n	Taxa de renovació d'aire, en h <sup>-1</sup>
$R_v$	Constant de gas per a l'aigua = 462 Pa m <sup>3</sup> / (K kg)
T	Temperatura en K
$f_{Rsi}$	Factor de temperatura de la superfície interior, adimensional
$f_{Rsi,min}$	Factor de temperatura de la superfície interior mínim, adimensional
F	Factor solar modificat
$F_S$	Factor d'ombra, adimensional
$F_H$	Factor solar modificat de buits
$F_L$	Factor solar modificat de lluernes
$F_{Hlim}$	Factor solar modificat límit de buits
$F_{Flim}$	Factor solar modificat límit de lluernes
$F_{Hm}$	Factor solar modificat mitjà de buits
$F_{Lm}$	Factor solar modificat mitjà de lluernes
FM	Fracció de marc
$g_{\perp}$	Factor solar de la part transparent d'un buit, per a radiació solar a incidència normal, adimensional
P	Pressió de vapor de l'aire, en Pa
$P_e$	Pressió de vapor de l'aire exterior, en Pa
$P_i$	Pressió de vapor de l'aire interior, en Pa
$P_n$	Pressió de vapor de l'aire en la capa n, en Pa
$P_{sat}$	Pressió de vapor de saturació, en Pa
$R_n$	Resistència tèrmica de la capa n d'un tancament, en m <sup>2</sup> K/ W
$R_m$	Resistència tèrmica del mur enterrat, en m <sup>2</sup> K/ W
$R_a$	Resistència tèrmica de l'aïllant en soleres o lloses, en m <sup>2</sup> K/ W

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

---

$R_{se}$	Resistència tèrmica superficial exterior, en $m^2 K/ W$
$R_{si}$	Resistència tèrmica superficial interior, en $m^2 K/ W$
$R_u$	Resistència tèrmica per a espais no habitables, en $m^2 K/ W$
$R_T$	Resistència tèrmica total, en $m^2 K/ W$
$R_g$	Resistència tèrmica d'una cavitat d'aire sense ventilar, en $m^2 K/ W$
$S_{dn}$	Gruix equivalent de la capa n d'un tancament, en m
$U$	Transmitància tèrmica, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_M$	Transmitància tèrmica de murs, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Mlim}$	Transmitància tèrmica límit de murs, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Mm}$	Transmitància tèrmica mitjana de murs, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_C$	Transmitància tèrmica de cobertes, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Clim}$	Transmitància tèrmica límit de cobertes, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Cm}$	Transmitància tèrmica mitjana de cobertes, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_L$	Transmitància tèrmica de lluernes, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_F$	Transmitància tèrmica de façanes amb un percentatge de buits >60%, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_H$	Transmitància tèrmica de buits, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Hlim}$	Transmitància tèrmica límit de buits, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Hm}$	Transmitància tèrmica mitjana de buits, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{H,v}$	Transmitància tèrmica de la part envidrada del buit, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{H,m}$	Transmitància tèrmica del marc del buit, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_T$	Transmitància tèrmica de tancaments en contacte amb el terreny, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Tm}$	Transmitància tèrmica mitjana de tancaments en contacte amb el terreny, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_S$	Transmitància tèrmica de terres, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Slim}$	Transmitància tèrmica límit de terres, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_{Sm}$	Transmitància tèrmica mitjana de terres, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_f$	Transmitància tèrmica de tancaments en contacte amb la cambra d'aire, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$U_P$	Transmitància tèrmica de <i>particions interiors</i> , en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$u$	Coefficient de transmissió tèrmica lineal per a soleres i lloses, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$e$	Gruix d'una capa, en m
$\epsilon$	Emissivitat d'una superfície, adimensional
$E$	Factor d'emissivitat entre les superfícies, adimensional
$h_a$	Coefficient de conducció convecció, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$
$h_{ro}$	Coefficient de radiació per a una superfície negra, en $W/m^2 \cdot ^\circ K$

---

## **Apèndix C Normes de referència**

### **Normes de càlcul**

**UNE EN ISO 10 211-1:1995** "Ponts tèrmics en edificació. Fluxos de calor i temperatures superficials. Part 1: Mètodes generals de càlcul"

**UNE EN ISO 10 211-2:2002** "Ponts tèrmics en edificació. Fluxos de calor i temperatures superficials. Part 2: Ponts tèrmics lineals"

**UNE EN ISO 6 946:1997** "Elements i components d'edificació. Resistència i transmitància tèrmica. Mètode de càlcul"

**UNE EN ISO 13 370:1999** "Prestacions tèrmiques d'edificis. Transmissió de calor pel terreny. Mètodes de càlcul"

**EN ISO 13 788:2001** "Característiques higrotèrmiques dels elements i components de l'edificació. Temperatura superficial interior per evitar la humitat superficial crítica i la condensació intersticial. Mètodes de càlcul"

**UNE EN 673:1998** "Vidre en la construcció. Determinació del coeficient de transmissió tèrmica, U. Mètode de càlcul"

**UNE EN 673/A1:2001**

**UNE EN 673/A2:2003**

**UNE EN ISO 10 077-1:2001** "Característiques tèrmiques de finestres, portes i contrafinestres. Càlcul del coeficient de transmissió tèrmica. Part 1: Mètode simplificat"

**UNE EN 410:1998** "Vidre per a l'edificació. Determinació de les característiques lluminoses i solars dels envidraments"

### **Normes de producte**

**UNE EN ISO 10456:2001** "Materials i productes per a l'edificació. Procediments per a la determinació dels valors tèrmics declarats i de disseny"

### **Normes d'assaig**

**UNE EN 1 026:2000** "Finestres i portes. Permeabilitat a l'aire. Mètode d'assaig"

**UNE EN 12 207:2000** "Portes i finestres. Permeabilitat a l'aire. Classificació"

## Apèndix D Zones climàtiques

### D.1 Determinació de la zona climàtica a partir de valors tabulats

- 1 La zona climàtica de qualsevol localitat en què s'ubiquin els edificis s'obté de la taula D.1 en funció de la diferència d'altura que hi hagi entre la localitat esmentada i l'altura de referència de la capital de la seva província. Si la diferència d'altura és menor de 200 m o la localitat es troba a una altura inferior a la de referència, s'ha de prendre, per a la localitat esmentada, la mateixa zona climàtica que la que correspon a la capital de província.

Taula D.1. - Zones climàtiques

Capital de província	Capital	Altura de referència (m)	Desnivell entre la localitat i la capital de la seva província (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alacant	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almeria	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Àvila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Càceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cadís	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castelló de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad Real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Còrdova	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (A)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Conca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-Sant Sebastià	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Osca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
Lleó	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logronyo	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Màlaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Melilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Múrcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palència	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de Gran Canaria (Las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa Cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segòvia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Sòria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Terol	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
València	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitòria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Saragossa	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

### D.2 Determinació de la zona climàtica a partir de registres climàtics

- 1 La determinació de zones climàtiques, per a localitats que disposin de registres climàtics contrastats, s'obté a partir del càlcul de les severitats climàtiques d'hivern i d'estiu per a les localitats esmentades.
- 2 Una vegada obtingudes les dues severitats climàtiques, la zona climàtica es determina localitzant els dos intervals corresponents en què es troben les severitats esmentades, d'acord amb la figura D.1.



## Document bàsic HE Estalvi d'energia

3 La severitat climàtica combina els *graus dia* i la radiació solar de la localitat, de manera que es pot demostrar que quan dues localitats tenen la mateixa severitat climàtica d'hivern (SCI) la demanda energètica de calefacció d'un mateix edifici situat a les dues localitats és sensiblement igual. El mateix és aplicable a la severitat climàtica d'estiu (SCV).

4 Per a hivern es defineixen cinc divisions diferents corresponents als intervals de valors següents:

5

**Taula D.2a - Severitat climàtica d'hivern**

A	B	C	D	E
$SCI \leq 0,3$	$0,3 < SCI \leq 0,6$	$0,6 < SCI \leq 0,95$	$0,95 < SCI \leq 1,3$	$SCI > 1,3$

6 Per a estiu es defineixen 4 divisions diferents corresponents als intervals de valors següents:

7

**Taula D.2b - Severitat climàtica d'estiu**

1	2	3	4
$SCV \leq 0,6$	$0,6 < SCV \leq 0,9$	$0,9 < SCV \leq 1,25$	$SCV > 1,25$

8 Combinant les 5 divisions d'hivern amb les 4 d'estiu s'obtidrien 20 zones diferents, de les quals s'han retingut únicament les 12 en què s'ubiquen les localitats espanyoles.

9 Les 12 zones retingudes s'identifiquen mitjançant una lletra, corresponent a la divisió d'hivern, i un nombre, corresponent a la divisió d'estiu, com es mostra a la figura D.1.

	A4	B4	C4		
SC (estiu)	A3	B3	C3	D3	E1
			C2	D2	
			C1	D1	
	SC (hivern)				

**Figura D1. Zones climàtiques**

10 Per a les zones A1 i A2 s'han de considerar a tots els efectes les mateixes exigències corresponents a la zona climàtica A3.

11 Per a les zones B1 i B2 s'han de considerar a tots els efectes les mateixes exigències corresponents a la zona climàtica B3.

12 Per a les zones E2, E3, E4 s'han de considerar a tots els efectes les mateixes exigències corresponents a la zona climàtica E1.

## D.2.1 Càlcul de les severitats climàtiques

### D.2.1.1 Severitat climàtica d'hivern (SCI)

1 En funció de la disponibilitat de dades climàtiques hi ha dues correlacions alternatives:

a) Correlació 1: a partir dels graus dia d'hivern i de la radiació global acumulada.

$$SCI = a \cdot Rad + b \cdot GD + c \cdot Rad \cdot GD + d \cdot (Rad)^2 + e \cdot (GD)^2 + f \quad (D.1)$$

on:

GD és la mitjana dels graus dia d'hivern en base 20 per als mesos de gener, febrer i desembre. Per a cada mes estan calculats en base horària, i posteriorment dividits per 24;

Rad és la mitjana de la radiació global acumulada per als mesos de gener, febrer i desembre [ $\text{kW h} / \text{m}^2$ ].

A	b	c	d	e	f
$-8,35 \cdot 10^{-3}$	$3,72 \cdot 10^{-3}$	$-8,62 \cdot 10^{-6}$	$4,88 \cdot 10^{-5}$	$7,15 \cdot 10^{-7}$	$-6,81 \cdot 10^{-2}$

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

- b) Correlació 2: a partir dels graus dia d'hivern i de la ràtio entre nombre d'hores de sol i nombre d'hores de sol màximes.

$$SCI = a \cdot GD + b \cdot n/N + c \cdot (GD)^2 + d \cdot (n/N)^2 + e \quad (D.2)$$

on:

GD és la mitjana dels graus dia d'hivern en base 20 per als mesos de gener, febrer i desembre. Per a cada mes estan calculats en base horària i posteriorment dividits per 24;

n/N és la ràtio entre el nombre d'hores de sol i el nombre d'hores de sol màximes sumades cadascuna separatament per als mesos de gener, febrer i desembre.

a	b	c	d	e
$2,395 \cdot 10^{-3}$	-1,111	$1,885 \cdot 10^{-6}$	$7,026 \cdot 10^{-1}$	$5,709 \cdot 10^{-2}$

#### D.2.2.2 Severitat climàtica d'estiu (SCV)

- 1 De la mateixa manera que per a l'hivern, en funció de la disponibilitat de dades climàtiques hi ha dues correlacions alternatives:

- a) Correlació 1: a partir dels graus dia d'estiu i de la radiació global acumulada.

$$SCV = a \cdot Rad + b \cdot GD + c \cdot Rad \cdot GD + d \cdot (Rad)^2 + e \cdot (GD)^2 + f \quad (D.3)$$

on:

GD és la mitjana dels graus dia d'estiu en base 20 per als mesos de juny, juliol, agost i setembre. Per a cada mes estan calculats en base horària i posteriorment dividits per 24;

Rad és la mitjana de la radiació global acumulada per als mesos de juny, juliol, agost i setembre [kW h / m<sup>2</sup>].

A	b	c	d	e	f
$3,724 \cdot 10^{-3}$	$1,409 \cdot 10^{-2}$	$-1,869 \cdot 10^{-5}$	$-2,053 \cdot 10^{-6}$	$-1,389 \cdot 10^{-5}$	$-5,434 \cdot 10^{-1}$

- b) Correlació 2: a partir dels graus dia d'estiu i de la ràtio entre nombre d'hores de sol i nombre d'hores de sol màximes.

$$SCV = a \cdot GD + b \cdot n/N + c \cdot (GD)^2 + d \cdot (n/N)^2 + e \quad (D.4)$$

on:

GD és la mitjana dels graus dia d'estiu en base 20 per als mesos de juny, juliol, agost i setembre. Per a cada mes estan calculats en base horària i posteriorment dividits per 24;

n/N és la ràtio entre nombre d'hores de sol i nombre d'hores de sol màximes sumades cadascuna d'aquestes separatament per als mesos de juny, juliol, agost, i setembre.

a	b	c	d	e
$1,090 \cdot 10^{-2}$	1,023	$-1,638 \cdot 10^{-5}$	$-5,977 \cdot 10^{-1}$	$-3,370 \cdot 10^{-1}$

## Apèndix E Càlcul dels paràmetres característics de la demanda

### E.1 Transmissió tèrmica

#### E.1.1 Tancaments en contacte amb l'aire exterior

1 Aquest càlcul és aplicable a la part opaca de tots els *tancaments* en contacte amb l'aire exterior com ara murs de façana, cobertes i terres en contacte amb l'aire exterior. De la mateixa manera es calculen els ponts tèrmics integrats en els tancaments esmentats la superfície dels quals sigui superior a 0,5 m<sup>2</sup>, negligint en aquest cas els efectes multidimensionals del flux de calor.

2 La transmissió tèrmica U (W/m<sup>2</sup>K) ve donada per l'expressió següent:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (\text{E.1})$$

on:

$R_T$  és la resistència tèrmica total del component constructiu [m<sup>2</sup> K/W].

3 La resistència tèrmica total  $R_T$  d'un component constituït per capes tèrmicament homogènies s'ha de calcular mitjançant l'expressió:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (\text{E.2})$$

on:

$R_1, R_2, \dots, R_n$  són les resistències tèrmiques de cada capa definides segons l'expressió (E.3) [m<sup>2</sup> K/W];

$R_{si}$  i  $R_{se}$  són les resistències tèrmiques superficials corresponents a l'aire interior i exterior respectivament, preses de la taula E.1 d'acord amb la posició del tancament, direcció del flux de calor i la seva situació a l'edifici [m<sup>2</sup> K/W].

4 En cas d'un component constituït per capes homogènies i heterogènies la resistència tèrmica total  $R_T$  s'ha de calcular mitjançant el procediment que descriu l'apèndix F.

5 La resistència tèrmica d'una capa tèrmicament homogènia ve definida per l'expressió:

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (\text{E.3})$$




on:

$e$  és el gruix de la capa [m].

En cas d'una capa de gruix variable es considera el gruix mitjà.

$\lambda$  és la conductivitat tèrmica de disseny del material que compon la capa, calculada a partir de valors tèrmics declarats segons la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o presa de documents reconeguts, [W/m K].

Taula E.1 Resistències tèrmiques superficials de tancaments en contacte amb l'aire exterior en m<sup>2</sup>K/W

Posició del tancament i sentit del flux de calor	$R_{se}$	$R_{si}$
Tancaments verticals o amb pendent sobre l'horitzontal >60° i flux horitzontal 	0,04	0,13
Tancaments horitzontals o amb pendent sobre l'horitzontal ≤60° i flux ascendent 	0,04	0,10
Tancaments horitzontals i flux descendent 	0,04	0,17

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

6 Les cambres d'aire es poden considerar per la seva resistència tèrmica, per a això s'ha de considerar:

a) Cambra d'aire sense ventilar: aquella en què no hi ha cap sistema específic per al flux de l'aire a través seu. Una cambra d'aire que no tingui aïllament entre aquesta i l'ambient exterior però amb petites obertures a l'exterior també es pot considerar cambra d'aire sense ventilar, si aquestes obertures no permeten el flux d'aire a través de la cambra i no excedeixen:

- i)  $500 \text{ mm}^2$  per m de longitud comptat horitzontalment per a cambres d'aire verticals;
- ii)  $500 \text{ mm}^2$  per  $\text{m}^2$  de superfície per a cambres d'aire horitzontals.

La resistència tèrmica de les cambres d'aire sense ventilar ve definida a la taula E.2 en funció del seu gruix. Els valors intermedis es poden obtenir per interpolació lineal.

Els valors són aplicables quan la cambra:

- estigui limitada per dues superfícies paral·leles entre si i perpendiculars a la direcció del flux de calor i les emissivitats de les quals siguin superiors a 0,8;
- tinguin un gruix menor a 0,1 vegades cadascuna de les altres dues dimensions i no superior a 0,3 m;
- no tingui intercanvi d'aire amb l'ambient interior.

**Taula E.2 Resistències tèrmiques de cambres d'aire en  $\text{m}^2 \text{ K/W}$**

e (cm)	Sense ventilar	
	horitzontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

Per a un càlcul més detallat es considera vàlid el procediment que descriu l'apartat B.2 de la norma UNE EN ISO 6 946:1997.

b) Cambra d'aire lleugerament ventilada: aquella en què no hi ha un dispositiu per al flux d'aire limitat a través seu des de l'ambient exterior però amb obertures dins dels rangs següents:

- i)  $500 \text{ mm}^2 < S_{\text{obertures}} \leq 1.500 \text{ mm}^2$  per m de longitud comptat horitzontalment per a cambres d'aire verticals;
- ii)  $500 \text{ mm}^2 < S_{\text{obertures}} \leq 1.500 \text{ mm}^2$  per  $\text{m}^2$  de superfície per a cambres d'aire horitzontals.

La resistència tèrmica d'una cambra d'aire lleugerament ventilada és la meitat dels valors de la taula E.2.

c) Cambra d'aire molt ventilada: aquella en què els valors de les obertures excedeixen:

- i)  $1.500 \text{ mm}^2$  per m de longitud comptat horitzontalment per a cambres d'aire verticals;
- ii)  $1.500 \text{ mm}^2$  per  $\text{m}^2$  de superfície per a cambres d'aire horitzontals.

7 Per a cambres d'aire molt ventilades, la resistència tèrmica total del tancament s'obté negligint la resistència tèrmica de la cambra d'aire i les de les altres capes entre la cambra d'aire i l'ambient exterior, i incloent-hi una resistència superficial exterior corresponent a l'aire en calma, igual a la resistència superficial interior del mateix element.

8 La transmitància tèrmica  $U_{\text{MD}}$  ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ) de les parets mitgeres es calcula com un tancament en contacte amb l'exterior però considerant les resistències superficials com a interiors.

### E.1.2 Tancaments en contacte amb el terreny

#### E.1.2.1 Terres en contacte amb el terreny

1 Per al càlcul de la transmitància  $U_{\text{S}}$  ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ) es consideren en aquest apartat:

CAS 1 soleres o lloses recolzades sobre el nivell del terreny o com a màxim 0,50 m per sota d'aquest;

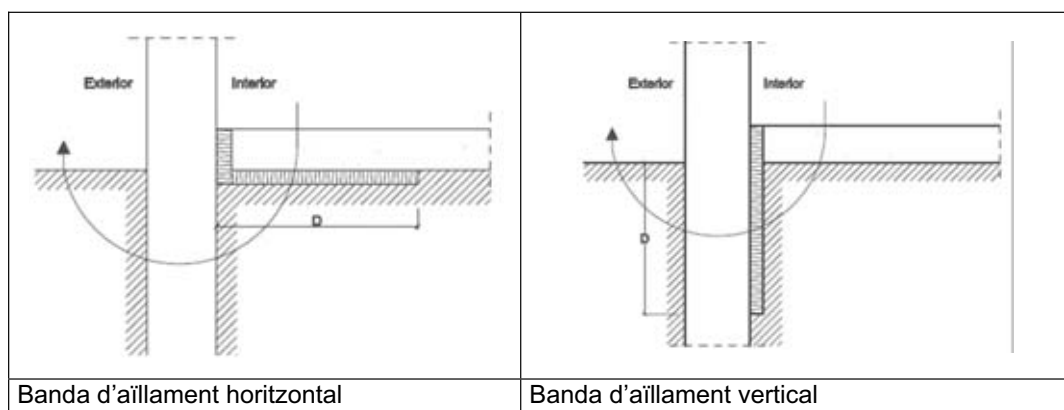
## Document bàsic HE Estalvi d'energia

CAS 2 soleres o lloses a una profunditat superior a 0,5 m respecte al nivell del terreny.

## CAS 1

- 1 La transmitància tèrmica  $U_s$  ( $W/m^2K$ ) s'obté de la taula E.3 en funció de l'amplada  $D$  de la banda d'aïllament perimetric, de la resistència tèrmica de l'aïllant  $R_a$  calculada mitjançant l'expressió (E.3) i la longitud característica  $B'$  de la solera o llosa.
- 2 Els valors intermedis es poden obtenir per interpolació lineal.

Figura E.1. Soleres amb aïllament perimetral



- 3 Es defineix la longitud característica  $B'$  com el quocient entre la superfície del terra i la longitud del seu semiperímetre, segons l'expressió:

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P} \quad (E.4)$$

on:

$P$  és la longitud del perímetre de la solera [m];

$A$  és l'àrea de la solera [ $m^2$ ].

- 4 Per a soleres o lloses sense aïllament tèrmic, la transmitància tèrmica  $U_s$  es pren de la columna  $R_a = 0 \text{ m}^2 \text{ K/W}$  en funció de la seva longitud característica  $B'$ .
- 5 Per a soleres o lloses amb aïllament continu en tota la seva superfície es prenen els valors de la columna  $D \geq 1,5 \text{ m}$ .
- 6 La transmitància tèrmica del primer metre de llosa o solera s'obté de la fila  $B' = 1$ .

Taula E.3 Transmitància tèrmica  $U_s$  en  $W/m^2 K$

$B'$	$R_a$	$D = 0,5 \text{ m}$					$D = 1,0 \text{ m}$					$D \geq 1,5 \text{ m}$				
		$R_a \text{ (m}^2 \text{ K/W)}$					$R_a \text{ (m}^2 \text{ K/W)}$					$R_a \text{ (m}^2 \text{ K/W)}$				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
$\geq 20$	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

- 7 Alternativament, per a un càlcul més detallat de la transmissió tèrmica  $U_s$  es pot utilitzar la metodologia que descriu la norma UNE EN ISO 13 370:1999.

## CAS 2

- 1 La transmissió tèrmica  $U_s$  ( $W/m^2K$ ) s'obté de la taula E.4 en funció de la profunditat  $z$  de la solera o llosa respecte del nivell del terreny, de la seva resistència tèrmica  $R_f$  calculada mitjançant l'expressió (E.2), negligint les resistències tèrmiques superficials, i la longitud característica  $B'$  calculada mitjançant l'expressió (E.4).
- 2 Els valors intermedis es poden obtenir per interpolació lineal.

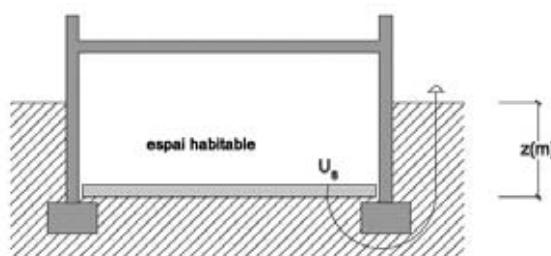


Figura E.2. Solera enterrada

- 3 La transmissió tèrmica per al primer metre del mur enterrat s'obté de la columna  $z=1m$ .

Taula E.4 Transmissió tèrmica  $U_s$  en  $W/m^2K$ 

$B'$	$0,5 m < z \leq 1,0 m$				$1,0 m < z \leq 2,0 m$				$2,0 m < z \leq 3,0 m$				$z > 3,0 m$			
	$R_f$ ( $m^2 K/W$ )				$R_f$ ( $m^2 K/W$ )				$R_f$ ( $m^2 K/W$ )				$R_f$ ( $m^2 K/W$ )			
	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50
5	0,64	0,52	0,44	0,39	0,54	0,45	0,40	0,36	0,42	0,37	0,34	0,31	0,35	0,32	0,29	0,27
6	0,57	0,46	0,40	0,35	0,48	0,41	0,36	0,33	0,38	0,34	0,31	0,28	0,32	0,29	0,27	0,25
7	0,52	0,42	0,37	0,33	0,44	0,38	0,33	0,30	0,35	0,31	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,24
8	0,47	0,39	0,34	0,30	0,40	0,35	0,31	0,28	0,33	0,29	0,27	0,25	0,28	0,26	0,24	0,22
9	0,43	0,36	0,32	0,28	0,37	0,32	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,23	0,26	0,24	0,22	0,21
10	0,40	0,34	0,30	0,27	0,35	0,30	0,27	0,25	0,29	0,26	0,24	0,22	0,25	0,23	0,21	0,20
12	0,36	0,30	0,27	0,24	0,31	0,27	0,24	0,22	0,26	0,23	0,21	0,20	0,22	0,21	0,19	0,18
14	0,32	0,27	0,24	0,22	0,28	0,25	0,22	0,20	0,23	0,21	0,20	0,18	0,20	0,19	0,18	0,17
16	0,29	0,25	0,22	0,20	0,25	0,23	0,20	0,19	0,21	0,20	0,18	0,17	0,19	0,17	0,16	0,16
18	0,26	0,23	0,20	0,19	0,23	0,21	0,19	0,18	0,20	0,18	0,17	0,16	0,17	0,16	0,15	0,15
$\geq 20$	0,24	0,21	0,19	0,17	0,22	0,19	0,18	0,16	0,18	0,17	0,16	0,15	0,16	0,15	0,14	0,14

- 2 Alternativament, per a un càlcul més detallat de la transmissió tèrmica  $U_s$  es pot utilitzar la metodologia que descriu la norma UNE EN ISO 13 370:1999.

## E.1.2.2 Murs en contacte amb el terreny

- 1 La transmissió tèrmica  $U_T$  ( $W/m^2K$ ) dels murs o pantalles en contacte amb el terreny s'obté de la taula E.5 en funció de la seva profunditat  $z$ , i de la resistència tèrmica del mur  $R_m$  calculada mitjançant l'expressió (E.2) negligint les resistències tèrmiques superficials.
- 2 Els valors intermedis es poden obtenir per interpolació lineal.

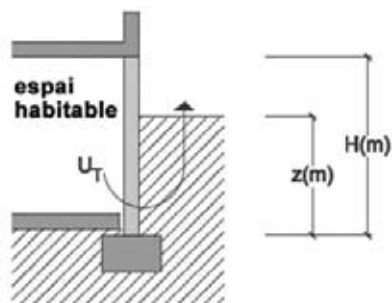


Figura E.3 Mur en contacte amb el terreny

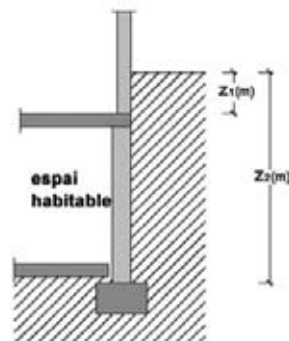


Figura E.4 Mur enterrat

Taula E.5 Transmissió tèrmica de murs enterrats  $U_T$  en  $W/m^2 K$ 

$R_m$ ( $m^2 K/W$ )	Profunditat $z$ de la part enterrada del mur (m)					
	0,5	1	2	3	4	$\geq 6$
0,00	3,05	2,20	1,48	1,15	0,95	0,71
0,50	1,17	0,99	0,77	0,64	0,55	0,44
1,00	0,74	0,65	0,54	0,47	0,42	0,34
1,50	0,54	0,49	0,42	0,37	0,34	0,28
2,00	0,42	0,39	0,35	0,31	0,28	0,24

- 3 En el cas de murs la composició dels quals variï amb la profunditat, tal com mostra la figura E.4, la transmitància tèrmica  $U_T$  s'obté de l'expressió:

$$U_T = \frac{U_1 \cdot z_1 + U_2 \cdot z_2 - U_{12} \cdot z_1}{z_2} \quad (E.5)$$

on:

$z_1$  i  $z_2$  és la profunditat del primer i el segon trams respectivament [m].

$U_1$  és la transmitància tèrmica del primer tram del mur, obtinguda de la taula E.5 per a una profunditat  $z = z_1$  i una resistència tèrmica  $R_m = R_1$  [ $W/m^2 K$ ];

$U_2$  és la transmitància tèrmica obtinguda de la taula E.5 d'un mur hipotètic de profunditat  $z = z_2$  i resistència tèrmica  $R_m = R_2$  [ $W/m^2 K$ ];

$U_{12}$  és la transmitància tèrmica obtinguda de la taula E.5 d'un mur hipotètic de profunditat  $z = z_1$  i resistència tèrmica  $R_m = R_2$  [ $W/m^2 K$ ];

- 4 Alternativament, per a un càlcul més detallat de la transmitància tèrmica  $U_T$  es pot utilitzar la metodologia que descriu la norma UNE EN ISO 13 370:1999.

### E.1.2.3 Cobertes enterrades

- 1 La transmitància tèrmica  $U_T$  ( $W/m^2 K$ ) de les cobertes enterrades s'obté mitjançant el procediment que descriu l'apartat E.1.1, considerant el terreny com una altra capa tèrmicament homogènia de conductivitat  $\lambda = 2 W/mk$ .

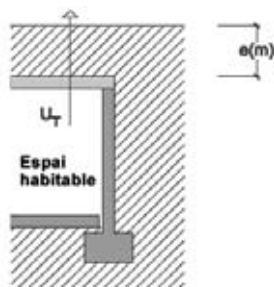


Figura E.5 Coberta enterrada

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

**E.1.3 Particions interiors en contacte amb espais no habitables**

- 1 Per al càlcul de la transmitància  $U$  ( $W/m^2K$ ) es consideren en aquest apartat el cas de qualsevol *partició interior* en contacte amb un *espai no habitable* que al seu torn estigui en contacte amb l'exterior.

**E.1.3.1 Particions interiors (excepte terres en contacte amb cambres sanitàries)**

- 1 S'exclouen d'aquest apartat els buits o cambres sanitàries.  
2 La transmitància tèrmica  $U$  ( $W/m^2K$ ) ve donada per l'expressió següent:

$$U = U_p b \quad (E.6)$$

on:

- $U_p$  és la transmitància tèrmica de la *partició interior* en contacte amb l'*espai no habitable*, calculada segons l'apartat E.1.1, prenent com a resistències superficials els valors de la taula E.6. [ $m^2K/W$ ];  
b és el coeficient de reducció de temperatura (indicat a l'*espai no habitable*) obtingut per la taula E.7 per als casos concrets que s'esmenten o mitjançant el procediment descrit.

**Taula E.6 Resistències tèrmiques superficials de *particions interiors* en  $m^2K/W$**

Posició de la <i>partició interior</i> i sentit del flux de calor	$R_{se}$	$R_{si}$
<i>Particions interiors</i> verticals o amb pendent sobre l'horitzontal $>60^\circ$ i flux horitzontal	0,13	0,13
<i>Particions interiors</i> horitzontals o amb pendent sobre l'horitzontal $\leq 60^\circ$ i flux ascendent	0,10	0,10
<i>Particions interiors</i> horitzontals i flux descendent	0,17	0,17

- 3 El coeficient de reducció de temperatura  $b$  per a espais adjacents *no habitables* (trasters, rebosts, garatges adjacents...) i espais no condicionats sota coberta inclinada es pot obtenir de la taula E.7 en funció de la situació de l'aïllament tèrmic (vegeu la figura E.6), del grau de ventilació de l'espai i de la relació d'àrees entre la *partició interior* i el *tancament* ( $A_{iu}/A_{ue}$ ). Els valors intermedis es poden obtenir per interpolació lineal.  
4 Es distingeixen dos graus de ventilació en funció del nivell d'estanquitat de l'espai que defineix la taula E.8:

- CAS 1 espai lleugerament ventilat que comprèn els espais amb un nivell d'estanquitat 1, 2 o 3;  
CAS 2 espai molt ventilat que comprèn els espais amb un nivell d'estanquitat 4 o 5.



## Document bàsic HE Estalvi d'energia

Taula E.7 Coeficient de reducció de temperatura b

$A_{iu}/A_{ue}$	No aïllat <sub>ue</sub> - Aïllat <sub>iu</sub>		No aïllat <sub>ue</sub> - No aïllat <sub>iu</sub>		Aïllat <sub>ue</sub> - No aïllat <sub>iu</sub>	
	CAS 1	CAS 2	CAS 1	CAS 2	CAS 1	CAS 2
<0,25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0,25 ≤ 0,50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0,50 ≤ 0,75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0,75 ≤ 1,00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1,00 ≤ 1,25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1,25 ≤ 2,00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2,00 ≤ 2,50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2,50 ≤ 3,00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3,00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

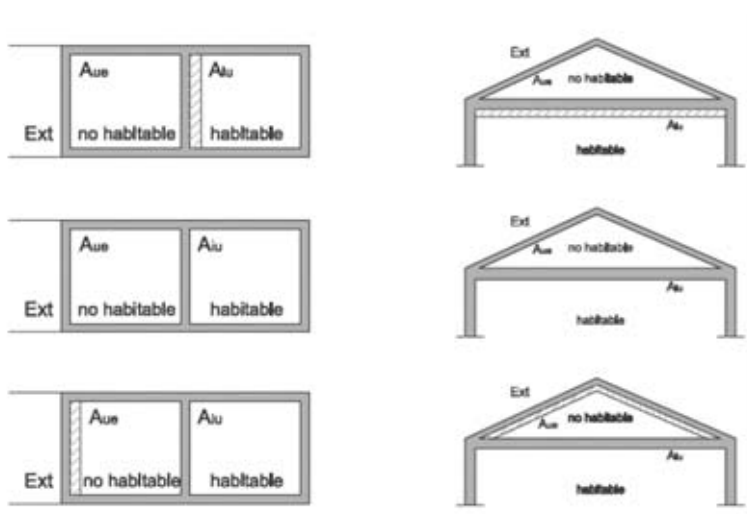


Figura E.6 Espais habitables en contacte amb espais no habitables

NOTA: El subíndex *ue* es refereix al tancament entre l'espai no habitable i l'exterior;  
El subíndex *iu* es refereix a la partició interior entre l'espai habitable i l'espai no habitable.

- 5 El coeficient de reducció de temperatura b, per a la resta d'espais no habitables, es defineix mitjançant l'expressió següent:

$$b = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad (E.7)$$

on:

$H_{ue}$  és el coeficient de pèrdua de l'espai no habitable cap a l'exterior [W/m];  
 $H_{iu}$  és el coeficient de pèrdua de l'espai habitable cap a l'espai no habitable [W/m].

- 6 Els coeficients  $H_{ue}$  i  $H_{iu}$  inclouen les pèrdues per transmissió i per renovació d'aire. Es calculen mitjançant les fórmules següents:

$$H_{ue} = \sum U_{ue} A_{ue} + 0,34 Q_{ue} \quad (E.8)$$

$$H_{iu} = \sum U_{iu} A_{iu} + 0,34 Q_{iu} \quad (E.9)$$

on:

$U_{ue}$  és la transmitància tèrmica del tancament de l'espai no habitable en contacte amb l'ambient exterior, calculat mitjançant l'expressió (E.1) si està en contacte amb l'aire o mitjançant la metodologia que descriu l'apartat E.1.2 si està en contacte amb el terreny [W/m<sup>2</sup>K];

$U_{iu}$  és la transmitància tèrmica del tancament de l'espai habitable en contacte amb el no habitable calculat mitjançant l'expressió (E.1) [W/m<sup>2</sup>K];

$A_{ue}$  és l'àrea del tancament de l'espai no habitable en contacte amb l'ambient exterior;

$A_{iu}$  és l'àrea del tancament de l'espai habitable en contacte amb el no habitable;

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

$Q_{ue}$  és el cabal d'aire entre l'exterior i l'espai *no habitable* [ $m^3/h$ ];  
 $Q_{iu}$  és el cabal d'aire entre l'espai *no habitable* i l'espai *habitable* [ $m^3/h$ ].

- 7 Per al càlcul del cabal d'aire  $Q_{ue}$  s'utilitzen els valors de l'apartat 2 de la secció HS3 del DB "Salubritat". En absència de dades es poden utilitzar els valors de renovacions hora ( $h^{-1}$ ) que conté la taula E.8 multiplicats pel volum de l'espai *no habitable*.

Taula E.8 Taxa de renovació d'aire entre espais no habitables i l'exterior ( $h^{-1}$ )

Nivell d'estanquitat		$h^{-1}$
1	Ni portes, ni finestres, ni obertures de ventilació	0
2	Tots els components segellats, sense obertures de ventilació	0,5
3	Tots els components ben segellats, petites obertures de ventilació	1
4	Poc estanc, a causa de juntures obertes o presència d'obertures de ventilació permanents	5
5	Poc estanc, amb nombroses juntures obertes o obertures de ventilació permanents grans o nombroses	10

- 8 Alternativament, per a un càlcul més detallat de la transmitància tèrmica U es pot utilitzar la metodologia que descriu la norma UNE EN ISO 13 789:2001.

### E.1.3.2 Terres en contacte amb cambres sanitàries

- 1 Aquest apartat és aplicable a cambres d'aire ventilades per l'exterior que compleixin simultàniament les condicions següents:
- que tinguin una altura  $h$  inferior o igual a 1 m;
  - que tinguin una profunditat  $z$  respecte del nivell del terreny inferior o igual a 0,5 m.
- 2 En cas que no es compleixi la condició a) però sí la b), la transmitància del tancament en contacte amb la cambra es calcula mitjançant el procediment que descriu l'apartat E.1.1
- 3 En cas que no es compleixi la condició b), la transmitància del tancament es calcula mitjançant la definició general del coeficient b que descriu l'apartat E.1.3.1.

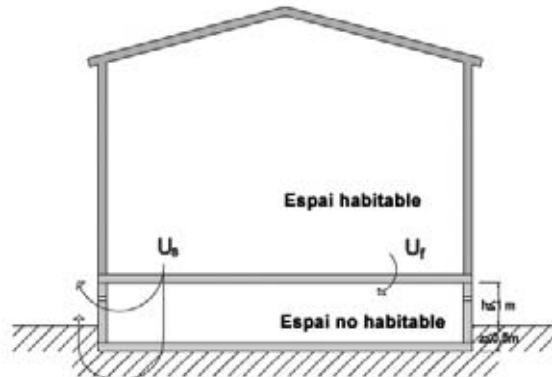


Figura 3.8. Cambres sanitàries

- 4 La transmitància tèrmica del terra sanitari  $U_s$  ve donada per la taula E.9, en funció longitud característica B' del terra en contacte amb la cambra i la seva resistència tèrmica  $R_f$  calculada mitjançant l'expressió (E.2) negligint les resistències tèrmiques superficials.
- 5 Els valors intermedis es poden obtenir per interpolació lineal.

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

Taula E.9 Transmissió tèrmica  $U_s$  en  $W/m^2 K$ 

B'	$R_f$ ( $m^2K/W$ )					
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
5	2,63	1,14	0,72	0,53	0,42	0,35
6	2,30	1,07	0,70	0,52	0,41	0,34
7	2,06	1,01	0,67	0,50	0,40	0,33
8	1,87	0,97	0,65	0,49	0,39	0,33
9	1,73	0,93	0,63	0,48	0,39	0,32
10	1,61	0,89	0,62	0,47	0,38	0,32
12	1,43	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31
14	1,30	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31
16	1,20	0,75	0,55	0,43	0,35	0,30
18	1,12	0,72	0,53	0,42	0,35	0,29
20	1,06	0,69	0,51	0,41	0,34	0,29
22	1,00	0,67	0,50	0,40	0,33	0,29
24	0,96	0,65	0,49	0,39	0,33	0,28
26	0,92	0,63	0,48	0,39	0,32	0,28
28	0,89	0,61	0,47	0,38	0,32	0,28
30	0,86	0,60	0,46	0,38	0,32	0,27
32	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31	0,27
34	0,81	0,58	0,45	0,37	0,31	0,27
≥36	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31	0,27

- 6 Alternativament, per a un càlcul més detallat es pot utilitzar el mètode que descriu l'apartat 10 de la norma UNE EN ISO 13 370.

## E.1.4 Buits i lluernes

## E.1.4.1 Transmissió tèrmica de buits

- 1 La transmissió tèrmica dels buits  $U_H$  ( $W/m^2 K$ ) es determina mitjançant l'expressió següent:

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m} \quad (E.10)$$

on:

$U_{H,v}$  és la transmissió tèrmica de la part semitransparent [ $W/m^2K$ ];

$U_{H,m}$  és la transmissió tèrmica del marc de la finestra o lluernia, o porta [ $W/m^2 K$ ];

FM és la fracció del buit ocupada pel marc.

- 2 En absència de dades, la transmissió tèrmica de la part semitransparent  $U_{H,v}$  es pot obtenir segons la norma UNE EN ISO 10 077-1:2001.

## E.2 Factor solar modificat de buits i lluernes

- 1 El factor solar modificat en el buit  $F_H$  o en la lluernia  $F_L$  es determina utilitzant l'expressió següent:

$$F = F_S \cdot [ (1 - FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha ] \quad (E.11)$$

on:

$F_S$  és el factor d'ombra del buit o lluernia obtingut de les taules E.11 a E.15 en funció del dispositiu d'ombra o mitjançant simulació. En cas que no es justifiqui adequadament el valor d' $F_S$  s'ha de considerar igual a la unitat;

FM és la fracció del buit ocupada pel marc en el cas de finestres o la fracció de part massissa en el cas de portes;

$g_{\perp}$  és el factor solar de la part semitransparent del buit o lluernia a incidència normal. El factor solar es pot obtenir pel mètode que descriu la norma UNE EN 410:1998;

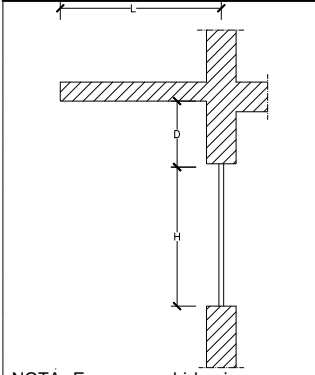
## Document bàsic HE Estalvi d'energia

$U_m$  és la transmitància tèrmica del marc del buit o lluernà [ $W/m^2 K$ ];  
 $\alpha$  és l'absortivitat del marc obtinguda de la taula E.10 en funció del seu color.

Taula E.10 Absortivitat del marc per a radiació solar  $\alpha$ 

Color	Clar	Mitjà	Fosc
Blanc	0,20	0,30	---
Groc	0,30	0,50	0,70
Beix	0,35	0,55	0,75
Marró	0,50	0,75	0,92
Vermell	0,65	0,80	0,90
Verd	0,40	0,70	0,88
Blau	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	---
Negre	---	0,96	---

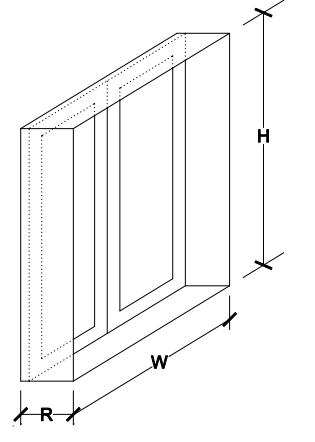
Taula E.11: Factor d'ombra per a obstacles de façana: volada



NOTA: En cas que hi hagi una reculada, la longitud L es mesura des del centre de l'envidrament.

		$0,2 < L/H \leq 0,5$	$0,5 < L/H \leq 1$	$1 < L/H \leq 2$	$L/H > 2$
S	$0 < D/H \leq 0,2$	0,82	0,50	0,28	0,16
	$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,87	0,64	0,39	0,22
	$D/H > 0,5$	0,93	0,82	0,60	0,39
SE/SO	$0 < D/H \leq 0,2$	0,90	0,71	0,43	0,16
	$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,94	0,82	0,60	0,27
	$D/H > 0,5$	0,98	0,93	0,84	0,65
E/O	$0 < D/H \leq 0,2$	0,92	0,77	0,55	0,22
	$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,96	0,86	0,70	0,43
	$D/H > 0,5$	0,99	0,96	0,89	0,75

Taula E.12: Factor d'ombra per a obstacles de façana: reculada



		$0,05 < R/W \leq 0,1$	$0,1 < R/W \leq 0,2$	$0,2 < R/W \leq 0,5$	$R/W > 0,5$
S	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,82	0,74	0,62	0,39
	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,76	0,67	0,56	0,35
	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,56	0,51	0,39	0,27
	$R/H > 0,5$	0,35	0,32	0,27	0,17
SE/SO	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,86	0,81	0,72	0,51
	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,79	0,74	0,66	0,47
	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,59	0,56	0,47	0,36
	$R/H > 0,5$	0,38	0,36	0,32	0,23
E/O	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,91	0,87	0,81	0,65
	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,86	0,82	0,76	0,61
	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,71	0,68	0,61	0,51
	$R/H > 0,5$	0,53	0,51	0,48	0,39

Taula E.13 Factor d'ombra per a obstacles de façana: lamel·les

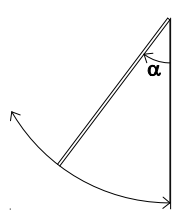
LAMEL·LES HORIZONTALS		ANGLE D'INCLINACIÓ ( $\beta$ )		
		0	30	60
ORIENTACIÓ	SUD	0,49	0,42	0,26
	SUD-EST/ SUD-OEST	0,54	0,44	0,26
	EST/ OEST	0,57	0,45	0,27

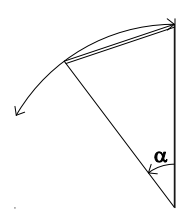
LAMEL·LES VERTICALS		ANGLE D'INCLINACIÓ ( $\sigma$ )						
		-60	-45	-30	0	30	45	60
ORIENTACIÓ	SUD	0,37	0,44	0,49	0,53	0,47	0,41	0,32
	SUD-EST	0,46	0,53	0,56	0,56	0,47	0,40	0,30
	EST	0,39	0,47	0,54	0,63	0,55	0,45	0,32
	OEST	0,44	0,52	0,58	0,63	0,50	0,41	0,29
	SUD-OEST	0,38	0,44	0,50	0,56	0,53	0,48	0,38

NOTES Els valors de factor d'ombra que indiquen aquestes taules han estat calculats per a una relació D/L igual o inferior a 1.  
L'angle  $\sigma$  s'ha de mesurar des de la normal a la façana cap al pla de les lamel·les, considerant-lo positiu en direcció horària.

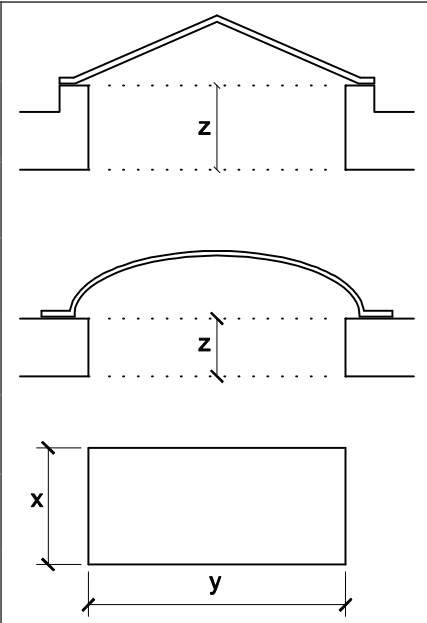
Taula E.14 Factor d'ombra per a obstacles de façana: tendals

	CAS A	Teixits opacs $\tau=0$		Teixits translúcids $\tau=0,2$	
	$\alpha$	SE/S/SO	E/O	SE/S/SO	E/O
30	0,02	0,04	0,22	0,24	
45	0,05	0,08	0,25	0,28	
60	0,22	0,28	0,42	0,48	

	CAS B	Teixits opacs $\tau=0$			Teixits translúcids $\tau=0,2$		
	$\alpha$	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O
30	0,43	0,61	0,67	0,63	0,81	0,87	
45	0,20	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60	
60	0,14	0,39	0,28	0,34	0,42	0,48	

Taula E.15 Factor d'ombra per a lluernes

		Y / Z						
		0,1	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0	
	X / Z	0,1	0,42	0,43	0,43	0,43	0,44	0,44
		0,5	0,43	0,46	0,48	0,50	0,51	0,52
		1,0	0,43	0,48	0,52	0,55	0,58	0,59
		2,0	0,43	0,50	0,55	0,60	0,66	0,68
		5,0	0,44	0,51	0,58	0,66	0,75	0,79
		10,0	0,44	0,52	0,59	0,68	0,79	0,85

NOTES Els valors de factor d'ombra que indica aquesta taula són vàlids per a lluernes sensiblement horitzontals.  
 En cas de lluernes de planta el·líptica o circular, es poden prendre com a dimensions característiques equivalents els eixos major i menor o el diàmetre.

## Apèndix F Resistència tèrmica total d'un element d'edificació constituït per capes homogènies i heterogènies

- 1 La resistència tèrmica total  $R_T$  d'un element constituït per capes tèrmicament homogènies i heterogènies paral·leles a la superfície és la mitjana aritmètica dels valors límit superior i inferior de la resistència:

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} \quad (\text{F.1})$$

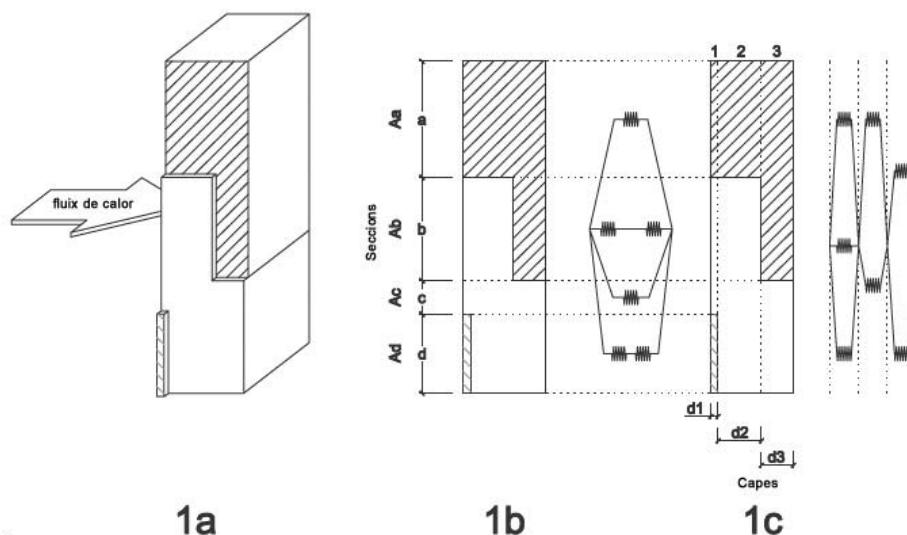
on:

$R'_T$  és el límit superior de la resistència tèrmica total calculada mitjançant el procediment que descriu l'apartat F.1 [ $\text{m}^2 \text{K/W}$ ];

$R''_T$  és el límit inferior de la resistència tèrmica total calculada mitjançant el procediment que descriu l'apartat F.2 [ $\text{m}^2 \text{K/W}$ ].

- 2 Si la proporció entre el límit superior i inferior és superior a 1,5 s'han d'utilitzar els mètodes que descriu la norma UNE EN ISO 10 211-1: 1995 o UNE EN ISO 10 211-2: 2002.
- 3 Per realitzar el càlcul dels valors límit superior i inferior, l'element es divideix en talls horitzontals (figura 1b) i verticals (figura 1c) tal com mostra la figura F.1, de manera que les capes que es generen siguin tèrmicament homogènies.

Figura F.1



- 4 El tall horitzontal  $m$  ( $m = a, b, c, \dots, q$ ) té una àrea fraccional  $f_m$ .
- 5 El tall vertical  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) té un gruix  $d_j$ .
- 6 La capa  $mj$  té una conductivitat tèrmica  $\lambda_{mj}$ , un gruix  $d_j$ , una àrea fraccional  $f_m$  i una resistència tèrmica  $R_{mj}$ .
- 7 L'àrea fraccional d'una secció és la seva proporció de l'àrea total. Llavors  $f_a + f_b + \dots + f_q = 1$ .

### F.1 Límit superior de la resistència tèrmica total $R'_T$

- 8 El límit superior de la resistència tèrmica total es determina suposant que el flux de calor és unidimensional i perpendicular a les superfícies del component. Ve donat per l'expressió següent:

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_q}{R_{Tq}} \quad (\text{F.2})$$

on:

$R_{Ta}, R_{Tb}, \dots, R_{Tq}$  són les resistències tèrmiques totals de cada tall horitzontal, calculades mitjançant l'expressió (E.2) [ $m^2 K/W$ ];

$f_a, f_b, \dots, f_q$  són les àrees fraccionals de cada tall horitzontal.

## F.2 Límit inferior de la resistència tèrmica total $R''_T$

- 1 El límit inferior es determina suposant que tots els plans paral·lels a la superfície del component són superfícies isotermes.
- 2 El càlcul de la resistència tèrmica equivalent  $R_j$ , per a cada tall vertical tèrmicament heterogènia es realitza utilitzant l'expressió següent:

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{f_q}{R_{qj}} \quad (F.3)$$

on:

$R_{aj}, R_{bj}, \dots, R_{qj}$  són les resistències tèrmiques de cada capa de cada tall vertical, calculades mitjançant l'expressió (E.3) [ $m^2 K/W$ ];

$f_a, f_b, \dots, f_q$  són les àrees fraccionals de cada tall vertical.

- 3 El límit inferior es determina llavors segons l'expressió següent:

$$R''_T = R_{si} + R_{j1} + R_{j2} + \dots + R_{jn} + R_{se} \quad (F.4)$$

on:

$R_{j1}, R_{j2}, \dots, R_{jn}$  són les resistències tèrmiques equivalents de cada tall vertical, obtingudes de l'expressió (F.3) [ $m^2 K/W$ ];

$R_{si}$  i  $R_{se}$  són les resistències tèrmiques superficials corresponents a l'aire interior i exterior respectivament, preses de la taula E.1 d'acord amb la posició de l'element, direcció del flux de calor [ $m^2 K/W$ ].

- 4 Si una de les capes que constitueixen el tall heterogeni és una cavitat d'aire sense ventilar, es pot considerar un material de conductivitat tèrmica equivalent  $\lambda_j$  definida mitjançant l'expressió:

$$\lambda_j = d_j / R_g \quad (F.5)$$

on:

$d_j$  és el gruix del tall vertical [m];

$R_g$  és la resistència tèrmica de la cavitat d'aire sense ventilar calculada mitjançant l'apartat F.3 [ $m^2 K/W$ ].

## F.3 Resistència tèrmica de cavitats d'aire sense ventilar $R_g$

- 1 Es consideren cavitats d'aire sense ventilar els petits espais d'aire la llargada i amplada dels quals és inferior a 10 vegades el seu gruix en direcció al flux de calor.
- 2 La resistència tèrmica  $R_g$  d'una cavitat d'aire sense ventilar es calcula mitjançant l'expressió següent:

$$R_g = \frac{1}{h_a + \frac{1}{E - 1 + \frac{1}{\frac{1}{2} \left( 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{d^2}{b^2} \right)} - \frac{d}{b} \right)}}} \quad (F.6)$$



## Document bàsic HE Estalvi d'energia

on:

- d és el gruix del buit en la direcció del flux de calor;  
 b és l'amplada del buit;  
 E és el factor d'emissivitat entre les superfícies calculada mitjançant l'expressió (F.7);  
 h<sub>a</sub> és el coeficient de conducció convecció el valor del qual ve donat en funció de la direcció del flux de calor:
- per a flux de calor horitzontal: el més gran d'1,25 W/ m<sup>2</sup>K i 0,025/d W/m<sup>2</sup>K;
  - per a flux de calor cap amunt: el més gran d'1,95 W/ m<sup>2</sup>K i 0,025/d W/m<sup>2</sup>K;
  - per a flux de calor cap avall: el més gran de 0,12d<sup>-0,44</sup> W/ m<sup>2</sup>K i 0,025/d W/m<sup>2</sup>K.

h<sub>ro</sub> és el coeficient de radiació per a una superfície negra obtingut de la taula F.1.

3 El factor d'emissivitat entre les superfícies E ve donat per l'expressió següent:

$$E = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \quad (F.7)$$

on:

ε<sub>1</sub> i ε<sub>2</sub> són les emissivitats corregides de les superfícies que envolten el buit.

**Taula F.1: coeficient de radiació per a una superfície negra**

Temperatura	H <sub>ro</sub> en W/m <sup>2</sup> K
-10	4,1
0	4,6
10	5,1
20	5,7
30	6,3

## Apèndix G Condensacions

### G.1 Condicions per al càlcul de condensacions

#### G.1.1 Condicions exteriors

- 1 Es prenen com a temperatura exterior i humitat relativa exterior els valors mitjans mensuals de la localitat on s'ubiqui l'edifici.
- 2 Per a les capitals de província, els valors que s'utilitzen són els que conté la taula G.1.
- 3 En el cas de localitats que no siguin capitals de província i que no disposin de registres climàtics contrastats, se suposa que la temperatura exterior és igual a la de la capital de província corresponent minorada en 1 °C per cada 100 m de diferència d'altura entre les dues localitats. La humitat relativa per a les localitats esmentades es calcula suposant que la seva humitat absoluta és igual que la de la seva capital de província.
- 4 El procediment que s'ha de seguir per al càlcul de la humitat relativa d'una certa localitat a partir de les dades de la seva capital de província és el següent:
  - a) càlcul de la pressió de saturació de la capital de província  $P_{\text{sat}}$  en [Pa], a partir de la seva temperatura exterior per al mes de càlcul en [°C], segons l'apartat G.3.1
  - b) càlcul de la pressió de vapor de la capital de província  $P_e$  en [Pa], mitjançant l'expressió:
$$P_e = \phi_e \cdot P_{\text{sat}}(\theta_e) \quad (\text{G.1})$$
on:  
 $\phi_e$  és la humitat relativa exterior per a la capital de província i el mes de càlcul [en tant per 1].
  - c) càlcul de la pressió de saturació de la localitat  $P_{\text{sat,loc}}$  en [Pa], segons l'apartat G.3.1, en què ara  $\theta$  és la temperatura exterior per a la localitat i el mes de càlcul en [°C].
  - d) càlcul de la humitat relativa per a la localitat i mes esmentats, mitjançant:
$$\phi_{e,\text{loc}} = P_e / P_{\text{sat,loc}}(\theta_{e,\text{loc}}) \quad (\text{G.2})$$
- 5 Si la localitat es troba a menys altura que la de referència, es pren per a la localitat esmentada la mateixa temperatura i humitat que la que correspon a la capital de província.

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

Taula G.2 Dades climàtiques mensuals de capitals de província, T en °C i HR en %

Localitat		Gen.	Febr.	Març	Abr.	Maig	Juny	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Des.
Albacete	T <sub>mit</sub>	5,0	6,3	8,5	10,9	15,3	20,0	24,0	23,7	20,0	14,1	8,5	5,3
	HR <sub>mit</sub>	78	70	62	60	54	50	44	50	58	70	77	79
Alacant	T <sub>mit</sub>	11,6	12,4	13,8	15,7	18,6	22,2	25,0	25,5	23,2	19,1	15,0	12,1
	HR <sub>mit</sub>	67	65	63	65	65	65	64	68	69	70	69	68
Almeria	T <sub>mit</sub>	12,4	13,0	14,4	16,1	18,7	22,3	25,5	26,0	24,1	20,1	16,2	13,3
	HR <sub>mit</sub>	70	68	66	65	67	65	64	66	66	69	70	69
Àvila	T <sub>mit</sub>	3,1	4,0	5,6	7,6	11,5	16,0	19,9	19,4	16,5	11,2	6,0	3,4
	HR <sub>mit</sub>	75	70	62	61	55	50	39	40	50	65	73	77
Badajoz	T <sub>mit</sub>	8,7	10,1	12,0	14,2	17,9	22,3	25,3	25,0	22,6	17,4	12,1	9,0
	HR <sub>mit</sub>	80	76	69	66	60	55	50	50	57	68	77	82
Barcelona	T <sub>mit</sub>	8,8	9,5	11,1	12,8	16,0	19,7	22,9	23,0	21,0	17,1	12,5	9,6
	HR <sub>mit</sub>	73	70	70	70	72	70	69	72	74	74	74	71
Bilbao	T <sub>mit</sub>	8,9	9,6	10,4	11,8	14,6	17,4	19,7	19,8	18,8	16,0	11,8	9,5
	HR <sub>mit</sub>	73	70	70	72	71	72	73	75	74	74	74	74
Burgos	T <sub>mit</sub>	2,6	3,9	5,7	7,6	11,2	15,0	18,4	18,3	15,8	11,1	5,8	3,2
	HR <sub>mit</sub>	86	80	73	72	69	67	61	62	67	76	83	86
Càceres	T <sub>mit</sub>	7,8	9,3	11,7	13,0	16,6	22,3	26,1	25,4	23,6	17,4	12,0	8,8
	HR <sub>mit</sub>	55	53	60	63	65	76	76	76	78	74	65	57
Cadis	T <sub>mit</sub>	12,8	13,5	14,7	16,2	18,7	21,5	24,0	24,5	23,5	20,1	16,1	13,3
	HR <sub>mit</sub>	77	75	70	71	71	70	69	69	70	73	76	77
Castelló	T <sub>mit</sub>	10,1	11,1	12,7	14,2	17,2	21,3	24,1	24,5	22,3	18,3	13,5	11,2
	HR <sub>mit</sub>	68	66	64	66	67	66	66	69	71	71	73	69
Ceuta	T <sub>mit</sub>	11,5	11,6	12,6	13,9	16,3	18,8	21,7	22,2	20,2	17,7	14,1	12,1
	HR <sub>mit</sub>	87	87	88	87	87	87	87	87	89	89	88	88
Ciudad Real	T <sub>mit</sub>	5,7	7,2	9,6	11,9	16,0	20,8	25,0	24,7	21,0	14,8	9,1	5,9
	HR <sub>mit</sub>	80	74	66	65	59	54	47	48	57	68	78	82
Còrdova	T <sub>mit</sub>	9,5	10,9	13,1	15,2	19,2	23,1	26,9	26,7	23,7	18,4	12,9	9,7
	HR <sub>mit</sub>	80	75	67	65	58	53	46	49	55	67	76	80
A Coruña	T <sub>mit</sub>	10,2	10,5	11,3	12,1	14,1	16,4	18,4	18,9	18,1	15,7	12,7	10,9
	HR <sub>mit</sub>	77	76	74	76	78	79	79	79	79	79	79	78
Conca	T <sub>mit</sub>	4,2	5,2	7,4	9,6	13,6	18,2	22,4	22,1	18,6	12,9	7,6	4,8
	HR <sub>mit</sub>	78	73	64	62	58	54	44	46	56	68	76	79
Girona	T <sub>mit</sub>	6,8	7,9	9,8	11,6	15,4	19,4	22,8	22,4	19,9	15,2	10,2	7,7
	HR <sub>mit</sub>	77	73	71	71	70	67	62	68	72	76	77	75
Granada	T <sub>mit</sub>	6,5	8,4	10,5	12,4	16,3	21,1	24,3	24,1	21,1	15,4	10,6	7,4
	HR <sub>mit</sub>	76	71	64	61	56	49	42	42	53	62	73	77
Guadalajara	T <sub>mit</sub>	5,5	6,8	8,8	11,6	15,3	19,8	23,5	22,8	19,5	14,1	9,0	5,9
	HR <sub>mit</sub>	80	76	69	68	67	62	53	54	61	72	79	81
Huelva	T <sub>mit</sub>	12,2	12,8	14,4	16,5	19,2	22,2	25,3	25,7	23,7	20,0	15,4	12,5
	HR <sub>mit</sub>	76	72	66	63	60	59	54	54	60	67	72	75
Osca	T <sub>mit</sub>	4,7	6,7	9,0	11,3	15,3	19,5	23,3	22,7	19,7	14,6	8,7	5,3
	HR <sub>mit</sub>	80	73	64	63	60	56	48	53	61	70	78	81
Jaén	T <sub>mit</sub>	8,7	9,9	12,0	14,3	18,5	23,1	27,2	27,1	23,6	17,6	12,2	8,7
	HR <sub>mit</sub>	77	72	67	64	59	53	44	45	55	67	75	77
Lleó	T <sub>mit</sub>	3,1	4,4	6,6	8,6	12,1	16,4	19,7	19,1	16,7	11,7	6,8	3,8
	HR <sub>mit</sub>	81	75	66	63	60	57	52	53	60	72	78	81
Lleida	T <sub>mit</sub>	5,5	7,8	10,3	13,0	17,1	21,2	24,6	24,0	21,1	15,7	9,2	5,8
	HR <sub>mit</sub>	81	69	61	56	55	54	47	54	62	70	77	82
Logronyo	T <sub>mit</sub>	5,8	7,3	9,4	11,5	15,1	19,0	22,2	21,8	19,2	14,4	9,1	6,3
	HR <sub>mit</sub>	75	68	62	61	59	56	55	56	61	69	73	76
Lugo	T <sub>mit</sub>	5,8	6,5	7,8	9,5	11,7	14,9	17,2	17,5	16,0	12,5	8,6	6,3
	HR <sub>mit</sub>	85	81	77	77	76	76	75	75	77	82	84	85

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

Localitat		Gen.	Febr.	Març	Abr.	Maig	Juny	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Des.
Madrid	T <sub>mit</sub>	6,2	7,4	9,9	12,2	16,0	20,7	24,4	23,9	20,5	14,7	9,4	6,4
	HR <sub>mit</sub>	71	66	56	55	51	46	37	39	50	63	70	73
Màlaga	T <sub>mit</sub>	12,2	12,8	14,0	15,8	18,7	22,1	24,7	25,3	23,1	19,1	15,1	12,6
	HR <sub>mit</sub>	71	70	66	65	61	59	60	63	65	70	72	72
Melilla	T <sub>mit</sub>	13,2	13,8	14,6	15,9	18,3	21,5	24,4	25,3	23,5	20,0	16,6	14,1
	HR <sub>mit</sub>	72	72	71	70	69	68	67	68	72	75	74	73
Múrcia	T <sub>mit</sub>	10,6	11,4	12,6	14,5	17,4	21,0	23,9	24,6	22,5	18,7	14,3	11,3
	HR <sub>mit</sub>	72	69	69	68	70	71	72	74	73	73	73	73
Ourense	T <sub>mit</sub>	7,4	9,3	10,7	12,4	15,3	19,3	21,9	21,7	19,8	15,0	10,6	8,2
	HR <sub>mit</sub>	83	75	69	70	67	64	61	62	64	73	83	84
Oviedo	T <sub>mit</sub>	7,5	8,5	9,5	10,3	12,8	15,8	18,0	18,3	17,4	14,0	10,4	8,7
	HR <sub>mit</sub>	77	75	74	77	79	80	80	80	78	78	78	76
Palència	T <sub>mit</sub>	4,1	5,6	7,5	9,5	13,0	17,2	20,7	20,3	17,9	13,0	7,6	4,4
	HR <sub>mit</sub>	84	77	71	70	67	64	58	59	63	73	80	85
Palma de Mallorca	T <sub>mit</sub>	11,6	11,8	12,9	14,7	17,6	21,8	24,6	25,3	23,5	20,0	15,6	13,0
	HR <sub>mit</sub>	71	69	68	67	69	69	67	71	73	72	72	71
Palmas, Las	T <sub>mit</sub>	17,5	17,6	18,3	18,7	19,9	21,4	23,2	24,0	23,9	22,5	20,4	18,3
	HR <sub>mit</sub>	68	67	65	66	65	67	66	67	69	70	70	68
Pamplona	T <sub>mit</sub>	4,5	6,5	8,0	9,9	13,3	17,3	20,5	20,3	18,2	13,7	8,3	5,7
	HR <sub>mit</sub>	80	73	68	66	66	62	58	61	61	68	76	79
Pontevedra	T <sub>mit</sub>	9,9	10,7	11,9	13,6	15,4	18,8	20,7	20,5	19,1	16,1	12,6	10,3
	HR <sub>mit</sub>	74	73	69	67	68	66	65	65	69	72	73	74
St. Sebastià	T <sub>mit</sub>	7,9	8,5	9,4	10,7	13,5	16,1	18,4	18,7	18,0	15,2	10,9	8,6
	HR <sub>mit</sub>	76	74	74	79	79	82	82	83	79	76	76	76
Salamanca	T <sub>mit</sub>	3,7	5,3	7,3	9,6	13,4	17,8	21,0	20,3	17,5	12,3	7,0	4,1
	HR <sub>mit</sub>	85	78	69	66	62	58	50	53	62	74	82	86
Santa Cruz de Tenerife	T <sub>mit</sub>	17,9	18,0	18,6	19,1	20,5	22,2	24,6	25,1	24,4	22,4	20,7	18,8
	HR <sub>mit</sub>	66	66	62	61	60	59	56	58	63	65	67	66
Santander	T <sub>mit</sub>	9,7	10,3	10,8	11,9	14,3	17,0	19,3	19,5	18,5	16,1	12,5	10,5
	HR <sub>mit</sub>	71	71	71	74	75	77	77	78	77	75	73	72
Segòvia	T <sub>mit</sub>	4,1	5,2	7,1	9,1	13,1	17,7	21,6	21,2	17,9	12,6	7,3	4,3
	HR <sub>mit</sub>	75	71	65	65	61	55	47	49	55	65	73	78
Sevilla	T <sub>mit</sub>	10,7	11,9	14,0	16,0	19,6	23,4	26,8	26,8	24,4	19,5	14,3	11,1
	HR <sub>mit</sub>	79	75	68	65	59	56	51	52	58	67	76	79
Sòria	T <sub>mit</sub>	2,9	4,0	5,8	8,0	11,8	16,1	19,9	19,5	16,5	11,3	6,1	3,4
	HR <sub>mit</sub>	77	73	68	67	64	60	53	54	60	70	76	78
Tarragona	T <sub>mit</sub>	10,0	11,3	13,1	15,3	18,4	22,2	25,3	25,3	22,7	18,4	13,5	10,7
	HR <sub>mit</sub>	66	63	59	59	61	60	59	62	67	70	68	66
Terol	T <sub>mit</sub>	3,8	4,8	6,8	9,3	12,6	17,5	21,3	20,6	17,9	12,1	7,0	4,5
	HR <sub>mit</sub>	72	67	60	60	60	55	50	54	59	66	71	76
Toledo	T <sub>mit</sub>	6,1	8,1	10,9	12,8	16,8	22,5	26,5	25,7	22,6	16,2	10,7	7,1
	HR <sub>mit</sub>	78	72	59	62	55	47	43	45	54	68	77	81
València	T <sub>mit</sub>	10,4	11,4	12,6	14,5	17,4	21,1	24,0	24,5	22,3	18,3	13,7	10,9
	HR <sub>mit</sub>	63	61	60	62	64	66	67	69	68	67	66	64
Valladolid	T <sub>mit</sub>	4,1	6,1	8,1	9,9	13,3	18,0	21,5	21,3	18,6	12,9	7,6	4,8
	HR <sub>mit</sub>	82	72	62	61	57	52	44	46	53	67	77	83
Vitòria	T <sub>mit</sub>	4,6	6,0	7,2	9,2	12,4	15,6	18,3	18,5	16,5	12,7	7,5	5,0
	HR <sub>mit</sub>	83	78	72	71	71	71	69	70	70	74	81	83
Zamora	T <sub>mit</sub>	4,3	6,3	8,3	10,5	14,0	18,5	21,8	21,3	18,7	13,4	8,1	4,9
	HR <sub>mit</sub>	83	75	65	63	59	54	47	50	58	70	79	83
Saragossa	T <sub>mit</sub>	6,2	8,0	10,3	12,8	16,8	21,0	24,3	23,8	20,7	15,4	9,7	6,5
	HR <sub>mit</sub>	76	69	60	59	55	52	48	54	61	70	75	77

**G.1.2 Condicions interiors****G.1.2.1 Per al càlcul de condensacions superficials**

- 1 Es pren una temperatura de l'ambient interior igual a 20 °C per al mes de gener.
- 2 En cas de conèixer el ritme de producció de la humitat interior i la taxa de renovació d'aire es pot calcular la humitat relativa interior del mes de gener mitjançant el mètode que descriu l'apartat G.3.2.
- 3 Si es disposa de la dada d'humitat relativa interior i aquesta es manté constant, a causa per exemple d'un sistema de climatització, es pot utilitzar la dada esmentada en el càlcul afegint 0,05 com a marge de seguretat.

**G.1.2.2 Per al càlcul de condensacions intersticials**

- 1 En absència de dades més precises, es pren una temperatura de l'ambient interior igual a 20 °C per a tots els mesos de l'any i una humitat relativa de l'ambient interior en funció de la classe d'higrometria de l'espai:
  - a) classe d'higrometria 5: 70%
  - b) classe d'higrometria 4: 62%
  - c) classe d'higrometria 3 o inferior: 55%
- 2 En cas de conèixer el ritme de producció de la humitat interior i la taxa de renovació d'aire, es pot calcular la humitat relativa interior per a cada mes de l'any mitjançant el mètode que descriu l'apartat G.3.2.
- 3 Si es disposa de les dades de temperatura interior i d'humitat relativa interior, es poden utilitzar les dades esmentades en el càlcul afegint-hi 0,05 a la humitat relativa com a marge de seguretat.

**G.2 Comprovació de les condensacions****G.2.1 Condensacions superficials****G.2.1.1 Factor de temperatura de la superfície interior d'un tancament**

- 1 El factor de temperatura de la superfície interior  $f_{Rsi}$  per a cada *tancament*, *partició interior* o *punts tèrmics* integrats en els *tancaments* es calcula a partir de la seva transmitància tèrmica mitjançant l'equació següent:

$$f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25 \quad (G.6)$$

on:

U és la transmitància tèrmica del *tancament*, *partició interior* o *punt tèrmic* integrat en el tancament calculada pel procediment que descriu l'apartat E.1 [ $W/m^2 K$ ].

- 2 El factor de temperatura de la superfície interior  $f_{Rsi}$  per als *punts tèrmics* formats per punts d'unió de *tancaments* es calculen aplicant els mètodes que descriuen les normes UNE EN ISO 10 211-1:1995 i UNE EN ISO 10 211-2:2002. Es poden prendre per defecte els valors recollits en documents reconeguts.

**G.2.1.2 Factor de temperatura de la superfície interior mínim**

- 1 El factor de temperatura de la superfície interior mínim acceptable  $f_{Rsi,min}$  d'un *punt tèrmic*, *tancament* o *partició interior* es pot calcular a partir de l'expressió següent:

$$f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{20 - \theta_e} \quad (G.3)$$

on:

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

$\theta_e$  és la temperatura exterior de la localitat el mes de gener que defineix l'apartat G.1.1 [°C];  
 $\theta_{si,min}$  és la temperatura superficial interior mínima acceptable obtinguda de l'expressió següent [°C]:

$$\theta_{si,min} = \frac{237,3 \log_e \left( \frac{P_{sat}}{610,5} \right)}{17,269 - \log_e \left( \frac{P_{sat}}{610,5} \right)} \quad (G.4)$$

on:

$P_{sat}$  és la pressió de saturació màxima acceptable a la superfície obtinguda de l'expressió següent [Pa]:

$$P_{sat} = \frac{P_i}{0.8} \quad (G.5)$$

on:

$P_i$  és la pressió del vapor interior obtinguda de l'expressió següent [Pa].

$$P_i = \phi_i \cdot 2337 \quad (G.6)$$

on:

$\phi_i$  és la humitat relativa interior que defineix l'apartat G.1.2.1 [en tant per 1].

## G.2.2 Condensacions intersticials

### G.2.2.1 Distribució de temperatura

- 1 La distribució de temperatures al llarg del gruix d'un tancament format per diverses capes depèn de les temperatures de l'aire a tots dos costats d'aquesta, així com de les resistències tèrmiques superficials interior  $R_{si}$  i exterior  $R_{se}$ , i de les resistències tèrmiques de cada capa ( $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ ).
- 2 El procediment que s'ha de seguir per al càlcul de la distribució de temperatures és el següent:
  - a) càlcul de la resistència tèrmica total de l'element constructiu mitjançant l'expressió (E.2).
  - b) càlcul de la temperatura superficial exterior  $\theta_{se}$ :

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (G.7)$$

on:

$\theta_e$  és la temperatura exterior de la localitat en què s'ubica l'edifici segons G.1.1 corresponent a la temperatura mitjana del mes de gener [°C];

$\theta_i$  és la temperatura interior que defineix l'apartat G.1.2.2 [°C];

$R_T$  és la resistència tèrmica total del component constructiu obtingut mitjançant l'expressió (E.2) [ $m^2 K/W$ ];

$R_{se}$  és la resistència tèrmica superficial corresponent a l'aire exterior, presa de la taula E.1 d'acord amb la posició de l'element constructiu, direcció del flux de calor i la seva situació a l'edifici [ $m^2 K/W$ ].

- c) càlcul de la temperatura en cadascuna de les capes que componen l'element constructiu segons les expressions següents:

$$\theta_1 = \theta_{se} + \frac{R_1}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_2 = \theta_1 + \frac{R_2}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

...

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (H.8)$$

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

on:

- $\theta_{se}$  és la temperatura superficial exterior [°C];  
 $\theta_e$  és la temperatura exterior de la localitat en què s'ubica l'edifici obtinguda de l'apartat G.1.1 corresponent a la temperatura mitjana del mes de gener [°C];  
 $\theta_i$  és la temperatura interior que defineix l'apartat G.1.2.2 [°C];  
 $\theta_1 \dots \theta_{n-1}$  és la temperatura en cada capa [°C].  
 $R_1, R_2 \dots R_n$  són les resistències tèrmiques de cada capa definides segons l'expressió (E.3) [m<sup>2</sup>K/W];  
 $R_T$  és la resistència tèrmica total del component constructiu, calculada mitjançant l'expressió (E.2) [m<sup>2</sup> K/ W];

d) càlcul de la temperatura superficial interior  $\theta_{si}$ :

$$\theta_{si} = \theta_n + \frac{R_{si}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (G.9)$$

on:

- $\theta_e$  és la temperatura exterior de la localitat en què s'ubica l'edifici obtinguda de l'apartat G.1.1 corresponent a la temperatura mitjana del mes de gener [°C];  
 $\theta_i$  és la temperatura interior que defineix l'apartat G.1.2.2 [°C];  
 $\theta_n$  és la temperatura a la capa n [°C];  
 $R_{si}$  és la resistència tèrmica superficial corresponent a l'aire interior, presa de la taula E.1 d'acord amb la posició de l'element constructiu, direcció del flux de calor i la seva situació a l'edifici [m<sup>2</sup> K/W].  
 $R_T$  és la resistència tèrmica total del component constructiu calculada mitjançant l'expressió (E.2) [m<sup>2</sup> K/ W];

3 Es considera que la distribució de temperatures a cada capa és lineal.

### G.2.2.2 Distribució de la pressió de vapor de saturació

Es determina la distribució de la pressió de vapor de saturació al llarg d'un mur format per diverses capes, a partir de la distribució de temperatures obtinguda anteriorment, mitjançant les expressions que indica l'apartat G.3.1.

### G.2.2.3 Distribució de pressió de vapor

1 La distribució de pressió de vapor a través del tancament es calcula mitjançant les expressions següents:

$$P_1 = P_e + \frac{S_{d1}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

$$P_2 = P_1 + \frac{S_{d2}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

$$P_n = P_{n-1} + \frac{S_{d(n-1)}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e) \quad (G.10)$$

on:

- $P_i$  és la pressió de vapor de l'aire interior [Pa];  
 $P_e$  és la pressió de vapor de l'aire exterior [Pa];  
 $P_1 \dots P_{n-1}$  és la pressió de vapor a cada capa n [Pa];  
 $S_{d1} \dots S_{d(n-1)}$  és el gruix d'aire equivalent de cada capa davant la difusió del vapor d'aigua, calculat mitjançant l'expressió següent [m];

$$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n \quad (G.11)$$

on:

- $\mu_n$  és el factor de resistència a la difusió del vapor d'aigua de cada capa, calculat a partir de valors tèrmics declarats segons la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o pres de documents reconeguts;
- $e_n$  és el gruix de la capa n [m].

- 2 La distribució de pressions de vapor a través del tancament es pot representar gràficament mitjançant una línia recta que uneixi el valor de  $P_i$  amb  $P_e$ , dibuixat sobre la secció del tancament utilitzant els gruixos de capa equivalents a la difusió de vapor d'aigua,  $S_{dn}$  (vegeu la figura G.1)
- 3 Per al càlcul analític de  $P_i$  i de  $P_e$ , en funció de la temperatura i de la humitat relativa, s'utilitza l'expressió següent:

$$P_i = \phi_i \cdot P_{\text{sat}}(\theta_i) \quad (\text{G.12})$$

$$P_e = \phi_e \cdot P_{\text{sat}}(\theta_e) \quad (\text{G.13})$$

on:

$\phi_i$  és la humitat relativa de l'ambient interior que defineix l'apartat G.1.2.2 [en tant per 1];

$\phi_e$  és la humitat relativa de l'ambient exterior que defineix l'apartat G.1.1 [en tant per 1].

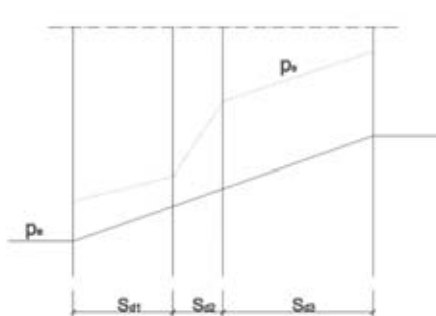


Figura G.1 Distribució de pressions de vapor de saturació i pressions de vapor en un element multicapa de l'edifici dibuixada enfront de la resistència a pressió de vapor de cada capa.

### G.3 Relacions psicromètriques

#### G.3.1 Càlcul de la pressió de saturació de vapor

- 4 La pressió de vapor de saturació es calcula en funció de la temperatura, a partir de les equacions següents:

a) Si la temperatura ( $\theta$ ) és més gran o igual que 0 °C:  $P_{\text{sat}} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}}$  (G.14)

b) Si la temperatura ( $\theta$ ) és menor que 0 °C:  $P_{\text{sat}} = 610,5 \cdot e^{\frac{21,875 \cdot \theta}{265,5 + \theta}}$  (G.15)

#### G.3.2 Càlcul de la humitat relativa interior

- 1 En cas que es conegui el ritme de producció de la humitat interior  $G$  i la taxa de renovació d'aire  $n$ , es pot calcular la humitat relativa interior mitjançant el procediment que es descriu a continuació.



## Document bàsic HE Estalvi d'energia

- 2 La humitat relativa interior  $\phi_i$  (%) per a la localitat on s'ubiqui l'edifici i el mes de càlcul s'obté mitjançant l'expressió següent:

$$\phi_i = \frac{100 \cdot P_i}{P_{\text{sat}}(\theta_{si})} \quad (\text{G.16})$$

on:

$P_{\text{sat}}(\theta_{si})$  és la pressió de saturació corresponent a la temperatura superficial interior obtinguda segons l'equació (G.14) [Pa];

$P_i$  és la pressió de vapor interior calculada mitjançant l'expressió següent [Pa]:

$$P_i = P_e + \Delta p \quad (\text{G.17})$$

on:

$P_e$  és la pressió de vapor exterior calculada segons l'equació (G.13) [Pa];

$\Delta p$  és l'excés de pressió de vapor interior del local calculat mitjançant l'equació següent [Pa]:

$$\Delta p = \frac{\Delta v \cdot R_v \cdot (T_i + T_e)}{2} \quad (\text{G.18})$$

on:

$R_v$  és la constant de gas per a l'aigua = 462 [Pa m<sup>3</sup> / (K kg)];

$T_i$  és la temperatura interior [K];

$T_e$  és la temperatura exterior per a la localitat i el mes de càlcul [K];

$\Delta v$  és l'excés d'humitat interior obtinguda mitjançant l'expressió següent [kg/m<sup>3</sup>]:

$$\Delta v = \frac{G}{n \cdot V} \quad (\text{G.19})$$

on:

$G$  és el ritme de producció de la humitat interior [kg/h];

$n$  és la taxa de renovació d'aire [h<sup>-1</sup>];

$V$  és el volum d'aire del local [m<sup>3</sup>].

## Apèndix H Fitxes justificatives de l'opció simplificada

### FITXA 1 Càlcul dels paràmetres característics mitjans

ZONA CLIMÀTICA	<input type="text"/>	Zona de càrrega interna baixa	Zona de càrrega interna alta
----------------	----------------------	-------------------------------	------------------------------

MURS ( $U_{Mm}$ ) i ( $U_{Tm}$ )					
	Tipus	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A · U (W/°K)	Resultats
N					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
E					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
O					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
S					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
SE					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
SO					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>
C-TER					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{Tm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>

TERRES ( $U_{Sm}$ )					
	Tipus	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A · U (W/°K)	Resultats
					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{Sm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>

COBERTES I LLUERNES ( $U_{cm}$ , $F_{Lm}$ )					
	Tipus	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A · U (W/°K)	Resultats
					$\Sigma A =$ <input type="text"/>
					$\Sigma A \cdot U =$ <input type="text"/>
					$U_{cm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ <input type="text"/>

	Tipus	A (m <sup>2</sup> )	F	A · F (m <sup>2</sup> )	Resultats	Tipus
					$\Sigma A =$ <input type="text"/>	
					$\Sigma A \cdot F =$ <input type="text"/>	
					$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$ <input type="text"/>	

Document bàsic HE Estalvi d'energia

<b>ZONA CLIMÀTICA</b>		<b>Zona de càrrega interna baixa</b>	<b>Zona de càrrega interna alta</b>
-----------------------	--	--------------------------------------	-------------------------------------

<b>BUIXS (U<sub>Hm</sub>, F<sub>Hm</sub>)</b>								
Tipus		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A· U (W/°K)		Resultats		
Z						ΣA=		
						ΣA· U=		
						U <sub>Hm</sub> =ΣA· U / ΣA=		
Tipus		A (m <sup>2</sup> )	U	F	A· U	A· F(m <sup>2</sup> )	Resultats	Tipus
E							ΣA=	
							ΣA· U=	
							ΣA· F=	
							U <sub>Hm</sub> =ΣA· U / ΣA=	
							F <sub>Hm</sub> =ΣA· F / ΣA=	
O							ΣA=	
							ΣA· U=	
							ΣA· F=	
							U <sub>Hm</sub> =ΣA· U / ΣA=	
							F <sub>Hm</sub> =ΣA· F / ΣA=	
S							ΣA=	
							ΣA· U=	
							ΣA· F=	
							U <sub>Hm</sub> =ΣA· U / ΣA=	
							F <sub>Hm</sub> =ΣA· F / ΣA=	
SE							ΣA=	
							ΣA· U=	
							ΣA· F=	
							U <sub>Hm</sub> =ΣA· U / ΣA=	
							F <sub>Hm</sub> =ΣA· F / ΣA=	
SO							ΣA=	
							ΣA· U=	
							ΣA· F=	
							U <sub>Hm</sub> =ΣA· U / ΣA=	
							F <sub>Hm</sub> =ΣA· F / ΣA=	

Document bàsic HE Estalvi d'energia

**FITXA 2 CONFORMITAT- Demanda energètica**

<b>ZONA CLIMÀTICA</b>	Zona de càrrega interna baixa	Zona de càrrega interna alta
-----------------------	-------------------------------	------------------------------

Tancaments i particions interiors de l'envoltant tèrmic	$U_{max(projecte)}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Murs de façana	}	≤
Primer metre del perímetre de terres recolzats i murs en contacte amb el terreny		
Particions interiors en contacte amb espais no habitables		
Terres	}	≤
Cobertes		
Vidres de buits i lluernes	}	≤
Marc de buits i lluernes		
Parets mitgeres	≤	

Particions interiors (edificis d'habitatges) <sup>(3)</sup>	≤	1,2 W/m <sup>2</sup> K
-------------------------------------------------------------	---	------------------------

MURS DE FAÇANA		BUITS I LLUERNES			
	$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$		$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$
N	}	≤	}	≤	}
E					
O					
S					
SE					
SO					

TANC. CONTACTE TERRENY	TERRES	COBERTES	LLUERNES
$U_{Tm}^{(4)}$	$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Cm}^{(4)}$	$F_{Lm}$
$U_{Mlim}^{(5)}$	$U_{Slim}^{(5)}$	$U_{Clim}^{(5)}$	$F_{Llim}$
≤	≤	≤	≤

(1)  $U_{max(projecte)}$  correspon al valor més alt de la transmissió dels tancaments o particions interiors indicats en projecte.  
 (2)  $U_{max}$  correspon a la transmissió tèrmica màxima que defineix la taula 2.1 per a cada tipus de tancament o partició interior.  
 (3) En edificis d'habitatges,  $U_{max(projecte)}$  de particions interiors que limitin unitats d'ús amb un sistema de calefacció previst des de projecte amb les zones comunes no calefactades.  
 (4) Paràmetres característics mitjans obtinguts a la fitxa 1.  
 (5) Valors límit dels paràmetres característics mitjans que defineix la taula 2.2.

**FITXA 3 CONFORMITAT-Condensacions**

TANCAMENTS, PARTICIONS INTERIORS, PONTS TÈRMICS									
Tipus	C. superficials		C. intersticials						
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$	$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7
	$f_{Rsi}$	$P_{sat,n}$							
	$f_{Rmin}$	$P_n$							
	$f_{Rsi}$	$P_{sat,n}$							
	$f_{Rmin}$	$P_n$							
	$f_{Rsi}$	$P_{sat,n}$							
	$f_{Rmin}$	$P_n$							
	$f_{Rsi}$	$P_{sat,n}$							
	$f_{Rmin}$	$P_n$							
	$f_{Rsi}$	$P_{sat,n}$							
	$f_{Rmin}$	$P_n$							
	$f_{Rsi}$	$P_{sat,n}$							
	$f_{Rmin}$	$P_n$							

## Secció HE 2

### Rendiment de les instal·lacions tèrmiques

**Exigència bàsica HE 2: Rendiment de les instal·lacions tèrmiques**

Els *edificis* han de disposar d'instal·lacions tèrmiques apropiades destinades a proporcionar el *benestar tèrmic* dels ocupants, i se n'ha de regular el rendiment, tant d'aquestes com dels seus equipaments. Aquesta exigència es desplega actualment al vigent Reglament d'instal·lacions tèrmiques als edificis, RITE, i la seva aplicació ha de quedar definida en el *projecte de l'edifici*.

## **Secció HE 3**

### **Eficiència energètica de les instal·lacions d'il·luminació**

#### **1 Generalitats**

##### **1.1 Àmbit d'aplicació**

- 1 Aquesta secció és aplicable a les instal·lacions d'il·luminació interior en:
  - a) edificis de nova construcció;
  - b) rehabilitació d'edificis existents amb una superfície útil superior a 1000 m<sup>2</sup> on es renovi més del 25% de la superfície il·luminada.
  - c) reformes de locals comercials i d'edificis d'ús administratiu en els quals es renovi la instal·lació d'il·luminació.
- 2 S'exclouen de l'àmbit d'aplicació:
  - a) edificis i monuments amb valor històric o arquitectònic reconegut, quan el compliment de les exigències d'aquesta secció pugui alterar-ne de manera inacceptable el caràcter o aspecte;
  - b) construccions provisionals amb un termini previst d'utilització igual o inferior a 2 anys;
  - c) instal·lacions industrials, tallers i edificis agrícoles no residencials;
  - d) edificis independents amb una superfície útil total inferior a 50 m<sup>2</sup>;
  - e) interiors d'habitatges.
- 3 En els casos que exclou el punt anterior, en el projecte s'han de justificar les solucions adoptades, si s'escau, per a l'estalvi d'energia en la instal·lació d'il·luminació.
- 4 S'exclouen també d'aquest àmbit d'aplicació els enllumenats d'emergència.

##### **1.2 Procediment de verificació**

- 1 Per a l'aplicació d'aquesta secció s'ha de seguir la seqüència de verificacions que s'exposa a continuació:
  - a) càlcul del valor d'eficiència energètica de la instal·lació VEEI a cada zona, constatant que no se superen els valors límit que consigna la taula 2.1 de l'apartat 2.1;
  - b) comprovació de l'existència d'un sistema de control i, si s'escau, de regulació que optimitzi l'aprofitament de la llum natural complint el que disposa l'apartat 2.2;
  - c) verificació de l'existència d'un pla de manteniment que compleixi el que disposa l'apartat 5.

### 1.3 Documentació justificativa

- 1 A la memòria del projecte per a cada zona han de figurar juntament amb els càlculs justificatius almenys:
  - a) l'índex del local (K) utilitzat en el càlcul;
  - b) el nombre de punts considerats en el projecte;
  - c) el factor de manteniment (Fm) previst;
  - d) la il·luminació mitjana horitzontal mantinguda ( $E_m$ ) obtinguda;
  - e) l'índex d'enlluernament unificat (UGR) assolit;
  - f) els índexs de rendiment de color (Ra) de les làmpades seleccionades;
  - g) el valor d'eficiència energètica de la instal·lació (VEEI) resultant en el càlcul;
  - h) les potències dels conjunts: làmpada més equip auxiliar.
- 2 També s'ha de justificar a la memòria del projecte per a cada zona el sistema de control i regulació que correspongui.

## 2 Caracterització i quantificació de les exigències

### 2.1 Valor d'eficiència energètica de la instal·lació

- 1 L'eficiència energètica d'una instal·lació d'il·luminació d'una zona es determina mitjançant el valor d'eficiència energètica de la instal·lació VEEI ( $W/m^2$ ) per cada 100 lux mitjançant l'expressió següent:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \quad (2.1)$$

on:

P és la potència total instal·lada en làmpades més els equips auxiliars [W];

S és la superfície il·luminada [ $m^2$ ];

$E_m$  és la il·luminació mitjana horitzontal mantinguda [lux]

- 2 Amb la finalitat d'establir els valors d'eficiència energètica límit corresponents, les instal·lacions d'il·luminació s'han d'identificar, segons l'ús de la zona, dins d'un dels 2 grups següents:
  - a) Grup 1: zones de no-representació o espais en què el criteri de disseny, la imatge o l'estat anímic que es vol transmetre a l'usuari amb la il·luminació queda relegat a un segon pla enfront d'altres criteris com el nivell d'il·luminació, el confort visual, la seguretat i l'eficiència energètica;
  - b) Grup 2: zones de representació o espais on el criteri de disseny, la imatge o l'estat anímic que es vol transmetre a l'usuari amb la il·luminació són preponderants enfront dels criteris d'eficiència energètica.
- 3 Els valors d'eficiència energètica límit en recintes interiors d'un edifici s'estableixen a la taula 2.1. Aquests valors inclouen la il·luminació general i la il·luminació d'accent, però no les instal·lacions d'il·luminació d'aparadors i zones expositives.

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

Taula 2.1 Valors límit d'eficiència energètica de la instal·lació

grup	Zones d'activitat diferenciada	VEEI límit
1 zones de no-representació	administratiu en general	3,5
	andanes d'estacions de transport	3,5
	sales de diagnòstic <sup>(4)</sup>	3,5
	pavellons d'exposició o fires	3,5
	aules i laboratoris <sup>(2)</sup>	4,0
	habitacions d'hospital <sup>(3)</sup>	4,5
	zones comunes <sup>(1)</sup>	4,5
	magatzems, arxius, sales tècniques i cuines	5
	aparcaments	5
	espais esportius <sup>(5)</sup>	5
	recintes interiors assimilables a grup 1 no descrits a la llista anterior	4,5
2 zones de representació	administratiu en general	6
	estacions de transport <sup>(6)</sup>	6
	supermercats, hipermercats i grans magatzems	6
	biblioteques, museus i galeries d'art	6
	zones comunes en edificis residencials	7,5
	centres comercials (excloses botigues) <sup>(9)</sup>	8
	hostaleria i restauració <sup>(8)</sup>	10
	religió en general	10
	sales d'actes, auditoris i sales d'usos múltiples i convencions, sales d'oci o espectacle, sales de reunions i sales de conferències <sup>(7)</sup>	10
	botigues i petit comerç	10
	zones comunes <sup>(1)</sup>	10
	habitacions d'hotels, hostals, etc.	12
	recintes interiors assimilables a grup 2 no descrits a la llista anterior	10

<sup>(1)</sup> Espais utilitzats per qualsevol persona o usuari, com ara rebedors, vestíbuls, passadissos, escales, espais de trànsit de persones, lavabos públics, etc.

<sup>(2)</sup> Inclou la instal·lació d'il·luminació de l'aula i les pissarres de les aules d'ensenyament, aules de pràctica d'ordinador, música, laboratoris de llenguatge, aules de dibuix tècnic, aules de pràctiques i laboratoris, manualitats, tallers d'ensenyament i aules d'art, aules de preparació i tallers, aules comunes d'estudi i aules de reunió, aules de classes nocturnes i educació d'adults, sales de lectura, jardins d'infants, sales de jocs de guarderies i sala de manualitats.

<sup>(3)</sup> Inclou la instal·lació d'il·luminació interior de l'habitació i bany, formada per il·luminació general, il·luminació de lectura i il·luminació per a exàmens simples.

<sup>(4)</sup> Inclou la instal·lació d'il·luminació general de sales com ara sales d'examen general, sales d'emergència, sales d'escàner i radiologia, sales d'examen ocular i auditiu i sales de tractament. Tanmateix queden exclosos locals com les sales d'operació, quiròfans, unitats de cures intensives, dentista, sales de descontaminació, sales d'autòpsies i mortuoris i altres sales que per la seva activitat es puguin considerar sales especials.

<sup>(5)</sup> Inclou les instal·lacions d'il·luminació del terreny de joc i graderies d'espais esportius, tant per a activitats d'entrenament com de competició, però no s'hi inclou les instal·lacions d'il·luminació necessàries per a les retransmissions televisades. Les graderies són assimilables a zones comunes del grup 1.

<sup>(6)</sup> Espais destinats al trànsit de viatgers com ara rebedors de terminals, sales d'arribades i sortides de passatgers, sales de recollida d'equipatges, àrees de connexió, d'ascensors, àrees de taulells de taquilles, facturació i informació, àrees d'espera, sales de consigna, etc.

<sup>(7)</sup> Inclou la instal·lació d'il·luminació general i d'accent. En el cas de cinemes, teatres, sales de concerts, etc. s'exclou la il·luminació amb finalitats d'espectacle, incloent-hi la representació i l'escenari.

<sup>(8)</sup> Inclou els espais destinats a les activitats pròpies del servei al públic com ara rebedor, recepció, restaurant, bar, menjador, acte-servei o bufet, passadissos, escales, vestidors, serveis, lavabos, etc.

<sup>(9)</sup> Inclou la instal·lació d'il·luminació general i d'accent de rebedor, recepció, passadissos, escales, vestidors i lavabos dels centres comercials.



## 2.2 Sistemes de control i regulació

- 1 Les instal·lacions d'il·luminació han de disposar, per a cada zona, d'un sistema de regulació i control amb les condicions següents:
  - a) tota zona ha de disposar almenys d'un sistema d'encesa i apagada manual, quan no disposi d'un altre sistema de control, i no s'accepten els sistemes d'encesa i apagada en quadres elèctrics com a únic sistema de control. Les zones d'ús esporàdic han de disposar d'un control d'encesa i apagada per sistema de detecció de presència o sistema de temporització;
  - b) s'han d'instal·lar sistemes d'aprofitament de la llum natural que regulin el nivell d'il·luminació en funció de l'aportació de llum natural, a la primera línia paral·lela de lluminàries situades a una distància inferior a 3 metres de la finestra, i a totes les situades sota un lluerna, en els casos següents:
    - i) a les zones dels grups 1 i 2 que disposin de tancaments envidrats a l'exterior, quan aquestes compleixin simultàniament les condicions següents:

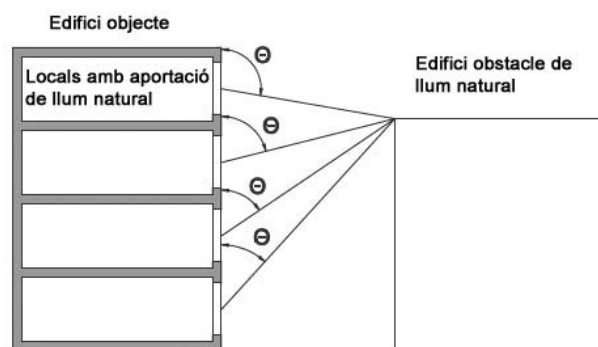


Figura 2.1

- que l'angle  $\theta$  sigui superior a  $65^\circ$  ( $\theta > 65^\circ$ ), on  $\theta$  és l'angle des del punt mitjà de l'envidrament fins a la cota màxima de l'edifici obstacle, mesurat en graus sexagesimals;
- que es compleixi l'expressió:  $T(A_w/A) > 0,07$

on:

T és el coeficient de transmissió lluminosa del vidre de la finestra del local en tant per u.

$A_w$  és l'àrea d'envidrament de la finestra de la zona [ $m^2$ ].

A és l'àrea total de les superfícies interiors del local (terra + sostre + parets + finestres) [ $m^2$ ].

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

- ii) a totes les zones dels grups 1 i 2 que disposin de tancaments envidrats a patis o atris, quan aquestes compleixin simultàniament les condicions següents:
- en el cas de patis no coberts quan aquests tinguin una amplada ( $a_i$ ) superior a 2 vegades la distància ( $h_i$ ), on  $h_i$  és la distància entre el terra de la planta on es trobi la zona en estudi, i la coberta de l'edifici;

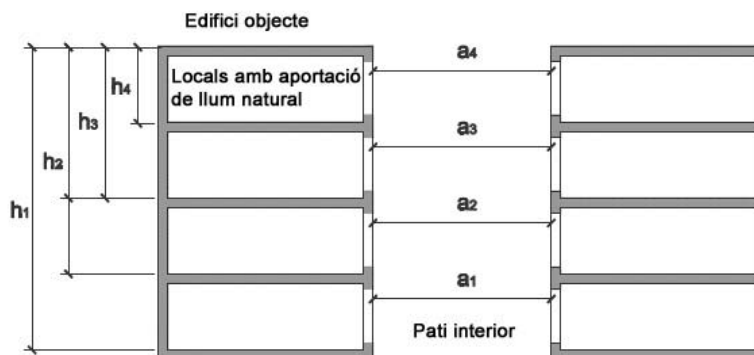


Figura 2.2

En el cas de patis coberts per envidraments quan l'amplada ( $a_i$ ) sigui superior a  $2/T_c$  vegades la distància ( $h_i$ ), on  $h_i$  és la distància entre la planta on es trobi el local en estudi i la coberta de l'edifici, i on  $T_c$  és el coeficient de transmissió lluminosa del vidre de tancament del pati, expressat en tant per u.

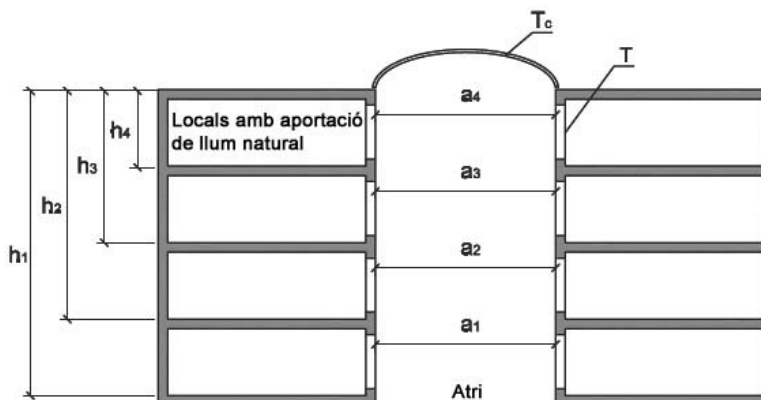


Figura 2.3

- que es compleixi l'expressió  $T(A_w/A) > 0,07$   
on:  
T és el coeficient de transmissió lluminosa del vidre de la finestra del local en tant per u.  
 $A_w$  és l'àrea d'envidrament de la finestra de la zona [ $m^2$ ].  
A és l'àrea total de les superfícies interiors del local (terra + sostre + parets + finestres) [ $m^2$ ].

Queden excloses de complir les exigències del punt i i del punt ii anteriors les zones següents de la taula 2.1:

- zones comunes en edificis residencials.
- habitacions d'hospital.
- habitacions d'hotels, hostals, etc.

---

**Document bàsic HE Estalvi d'energia**

---

- botigues i petit comerç.

### 3 Càlcul

#### 3.1 Dades prèvies

- 1 Per determinar el càlcul i les solucions luminotècniques de les instal·lacions d'il·luminació interior s'han de tenir en compte paràmetres com ara:
  - a) l'ús de la zona per il·luminar;
  - b) el tipus de tasca visual per realitzar;
  - c) les necessitats de llum i de l'usuari del local;
  - d) l'índex K del local o dimensions de l'espai (longitud, amplada i altura útil);
  - e) les reflectàncies de les parets, sostre i terra de la sala;
  - f) les característiques i tipus de sostre;
  - g) les condicions de la llum natural;
  - h) el tipus d'acabat i decoració;
  - i) el mobiliari previst.
- 2 Es pot utilitzar qualsevol mètode de càlcul que compleixi les exigències d'aquesta secció, els paràmetres d'il·luminació i les recomanacions per al càlcul que conté l'apèndix B.

#### 3.2 Mètode de càlcul

- 1 El mètode de càlcul utilitzat, que ha de quedar establert a la memòria del projecte, ha de ser el més adequat per al compliment de les exigències d'aquesta secció i s'han d'utilitzar com a dades i paràmetres de partida, almenys, els que consigna l'apartat 3.1, com també els derivats dels materials adoptats en les solucions proposades, com ara làmpades, equips auxiliars i lluminàries.
- 2 S'han d'obtenir com a mínim els resultats següents per a cada zona:
  - a) valor d'eficiència energètica de la instal·lació VEEI;
  - b) il·luminació mitjana horitzontal mantinguda  $E_m$  en el pla de treball;
  - c) índex d'enlluernament unificat UGR per a l'observador.També s'hi han d'incloure els valors de l'índex de rendiment de color ( $R_a$ ) i les potències dels conjunts làmpada més equipament auxiliar emprats en el càlcul.
- 3 El mètode de càlcul s'ha de formalitzar o bé manualment o bé per mitjà d'un programa informàtic, que executi els càlculs referenciats obtenint com a mínim els resultats que esmenta el punt 2 anterior. Aquests programes informàtics es poden establir si s'escau com a documents reconeguts.

### 4 Productes de construcció

#### 4.1 Equips

- 1 Les làmpades, equips auxiliars, lluminàries i resta de dispositius han de complir el que disposa la normativa específica per a cada tipus de material. Particularment, les làmpades fluorescents han de complir els valors que admet el Reial decret 838/2002, de 2 d'agost, pel qual s'estableixen els requisits d'eficiència energètica dels estabilitzadors de làmpades fluorescents.

**Document bàsic HE Estalvi d'energia**

- 2 Llevat que hi hagi justificació, les làmpades utilitzades en la instal·lació d'il·luminació de cada zona han de tenir limitades les pèrdues dels seus equips auxiliars, per la qual cosa la potència del conjunt làmpada més equipament auxiliar no pot superar els valors que indiquen les taules 3.1 i 3.2:

**Taula 3.1 Làmpades de descàrrega**

Potència nominal de làmpada (W)	Potència total del conjunt (W)		
	Vapor de mercuri	Vapor de sodi alta pressió	Vapor halogenurs metàl·lics
50	60	62	--
70	--	84	84
80	92	--	--
100	--	116	116
125	139	--	--
150	--	171	171
250	270	277	270 (2,15A) 277(3A)
400	425	435	425 (3,5A) 435 (4,6A)

NOTA: Aquests valors no s'apliquen als estabilitzadors d'execució especial com ara seccions reduïdes o reactàncies de doble nivell.

**Taula 3.2 Làmpades halògenes de baixa tensió**

Potència nominal de làmpada (W)	Potència total del conjunt (W)
35	43
50	60
2x35	85
3x25	125
2x50	120

#### 4.2 Control de recepció a l'obra de productes

- 1 S'ha de comprovar que els conjunts de les làmpades i els seus equipaments auxiliars disposen d'un certificat del fabricant que n'acrediti la potència total.

#### 5 Manteniment i conservació

- 1 Per garantir en el transcurs del temps el manteniment dels paràmetres luminotècnics adequats i l'eficiència energètica de la instal·lació VEEI, s'ha d'elaborar en el projecte un pla de manteniment de les instal·lacions d'il·luminació que prevegi, entre altres accions, les operacions de reposició de làmpades amb la freqüència de substitució, la neteja de lluminàries amb la metodologia prevista i la neteja de la zona il·luminada, incloent-hi en totes dues la periodicitat necessària. El pla esmentat també ha de tenir en compte els sistemes de regulació i control utilitzats en les diferents zones.

## Apèndix A Terminologia

**Coeficient de transmissió lluminosa del vidre (T):** percentatge de llum natural en el seu espectre visible que deixa passar un vidre. S'expressa en tant per u o tant per cent.

**Eficàcia lluminosa:** quocient entre el flux lluminós emès i la potència elèctrica de la font. S'expressa en lm/W (lúmens/watt).

**Enllumenat d'emergència:** instal·lació d'il·luminació que, en cas de fallada en l'enllumenat normal, subministra la il·luminació necessària per facilitar la visibilitat als usuaris i que aquests puguin abandonar l'edifici, impedeixi situacions de pànic i permeti la visió dels senyals indicatius de les sortides i la situació dels equips i mitjans de protecció existents.

**Equipament auxiliar:** equipaments elèctrics o electrònics associats a la làmpada, diferents per a cada tipus de làmpada. La seva funció és l'encesca i el control de les condicions de funcionament d'una làmpada. Aquests equipaments auxiliars, llevat quan són electrònics, estan formats per combinació d'engegador/encebador, estabilitzador i condensador.

**Factor de manteniment (F<sub>m</sub>):** quocient entre la il·luminació mitjana sobre el pla de treball després d'un cert període d'ús d'una instal·lació d'enllumenat i la il·luminació mitjana obtinguda sota la mateixa condició per a la instal·lació considerada nova.

**Il·luminació:** quocient del flux lluminós  $d\phi$  incident sobre un element de la superfície que conté el punt, per l'àrea  $dA$  d'aquest element, on la unitat de mesura és el lux.

**Il·luminació d'accent:** il·luminació dissenyada per augmentar considerablement la il·luminació d'una àrea limitada o d'un objecte amb relació a la del seu entorn, amb enllumenat difús mínim.

**Il·luminació general:** il·luminació substancialment uniforme d'un espai sense tenir en compte els requisits locals especials.

**Il·luminació inicial (E<sub>inicial</sub>):** il·luminació mitjana quan la instal·lació és nova.

**Il·luminació mitjana en el pla horitzontal (E):** il·luminació mitjana sobre l'àrea especificada.

El nombre mínim de punts per considerar en el seu càlcul està en funció de l'índex del local (K) i de l'obtenció d'un repartiment quadriculat simètric.

**Il·luminació mitjana horitzontal mantinguda (E<sub>m</sub>):** valor per sota del qual no ha de descendir la il·luminació mitjana a l'àrea especificada. És la il·luminació mitjana en el període en què s'ha de realitzar el manteniment.

**Índex d'enlluernament unificat (UGR):** és l'índex d'enlluernament molest procedent directament de les lluminàries d'una instal·lació d'il·luminació interior, definit a la publicació CIE (Comissió Internacional d'Enllumenat) núm. 117.

**Índex de rendiment de color (Ra):** efecte d'un il·luminant sobre l'aspecte cromàtic dels objectes que il·lumina per comparació amb el seu aspecte sota un il·luminant de referència. La forma en què la llum d'una làmpada reproduïx els colors dels objectes il·luminats es denomina índex de rendiment de color (Ra). El color que presenta un objecte depèn de la distribució de l'energia espectral de la llum amb què està il·luminat i de les característiques reflexives selectives de l'objecte esmentat.

**Índex del local (K):** és funció de:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

on:

L és la longitud del local;

A és l'amplada del local;

H és la distància del pla de treball a les lluminàries.

El nombre de punts mínim per considerar en el càlcul de la il·luminació mitjana (E) ha de ser:

- a) 4 punts si  $K < 1$
- b) 9 punts si  $2 > K \geq 1$

---

**Document bàsic HE** Estalvi d'energia

---

- c) 16 punts si  $3 > K \geq 2$
- d) 25 punts si  $K \geq 3$

**Làmpada:** font construïda per produir una radiació òptica, generalment visible.

**Lluminària:** aparell que distribueix, filtra o transforma la llum emesa per una o diverses làmpades i que, a més dels accessoris necessaris per fixar-los, protegir-los i connectar-los al circuit elèctric d'alimentació conté, si s'escau, els equips auxiliars necessaris per funcionar, tal com defineix i regula la norma UNE EN 60598-1:1998.

**Pèrdua d'equipament auxiliar:** potència màxima d'entrada a l'equip auxiliar, que és diferent per a cada potència nominal i tipus de làmpada.

**Potència nominal de làmpada:** potència de funcionament d'entrada a la làmpada.

**Potència total del conjunt làmpada més equipament auxiliar:** potència màxima d'entrada dels circuits equip auxiliar-làmpada, mesurats en les condicions que defineixen les normes UNE EN 50294:1999 i UNE EN 60923:1997.

**Reflectàncies:** quocient entre el flux radiant o lluminós reflectit i el flux incident en les condicions donades. S'expressa en tant per cent o en tant per u.

**Sales tècniques:** sales on s'ubiquen instal·lacions que donen servei a l'edifici com ara sala de calderes, sala de bombament, centres de transformació, sala de quadres elèctrics, sala de comptadors, sala de sistemes d'alimentació ininterrompuda o qualsevol sala de màquines, com també sales de fotocopiadores o reprografia, sala de fax, centraleta telefònica, sales de missatgeria i empaquetatge.

**Sistema de control i regulació:** conjunt de dispositius, cablatge i components destinats a controlar de manera automàtica o manual l'encesa i apagada o el flux lluminós d'una instal·lació d'il·luminació. Es distingeixen 4 tipus fonamentals:

- a) regulació i control sota demanda de l'usuari, per interruptor manual, polsador, potenciòmetre o comandament a distància;
- b) regulació d'il·luminació artificial segons aportació de llum natural per finestres, vidrieres, lluernes o claraboies;
- c) control de l'encesa i apagada segons presència a la zona;
- d) regulació i control per sistema centralitzat de gestió.

**Sistema d'aprofitament de la llum natural:** conjunt de dispositius, cablatge i components destinats a regular de manera automàtica el flux lluminós d'una instal·lació d'il·luminació en funció del flux lluminós aportat a la zona per la llum natural, de manera que els dos fluxos aportin un nivell d'il·luminació fixat en un punt, on es trobaria el sensor de llum. Hi ha 2 tipus fonamentals de regulació:

- a) regulació tot/res: la il·luminació s'encén o s'apaga per sota o per damunt d'un nivell d'il·luminació prefixat;
- b) regulació progressiva: la il·luminació es va ajustant progressivament segons l'aportació de llum natural fins a aconseguir el nivell d'il·luminació prefixat.

**Sistema de detecció de presència:** conjunt de dispositius, cablejat i components destinats a controlar de manera automàtica l'encesa i apagada d'una instal·lació d'il·luminació en funció de presència o no de persones a la zona. Hi ha 4 tipus fonamentals de detecció:

- a) infrarojos;
- b) acústics per ultrasò;
- c) per microones;
- d) híbrid dels anteriors.

**Sistema de temporització:** conjunt de dispositius, cablatge i components destinats a controlar de manera automàtica l'apagada d'una instal·lació d'il·luminació en funció d'un temps d'encesa prefixat.

---

**Document bàsic HE** Estalvi d'energia

---

**Zona d'activitat diferenciada:** espai o local amb un determinat ús i, per tant, amb uns paràmetres d'il·luminació que hi corresponguin.

**Zones expositives:** espais destinats a exposar productes de diferent índole al públic.

**Zona d'ús esporàdic:** espais on l'ocupació és aleatòria, no controlada i no permanent, com ara lavabos, passadissos, escales, zones de trànsit, aparcaments, etc.

**Valor d'eficiència energètica de la instal·lació (VEEI):** valor que mesura l'eficiència energètica d'una instal·lació d'il·luminació d'una zona d'activitat diferenciada, la unitat de mesura de la qual és ( $W/m^2$ ) per cada 100 lux.

## **Apèndix B Normes de referència**

### **B.1 Paràmetres d'il·luminació**

- 1 Als efectes del compliment de les exigències d'aquesta secció, es consideren acceptables els valors dels diferents paràmetres d'il·luminació que defineixen la qualitat de les instal·lacions d'il·luminació interior, que disposa la normativa següent:
  - a) UNE-EN 12464-1: 2003. Il·luminació. Il·luminació dels llocs de treball. Part I: Llocs de treball en interiors.
  - b) Guia tècnica per a l'avaluació i prevenció dels riscos relatius a la utilització de llocs de treball, que adopta la norma EN 12.464 i ha estat elaborada en virtut del que disposa l'article 5 del Reial decret 39/1997, de 17 de gener, i la disposició final primera del Reial decret 486/1997, de 14 d'abril, que despleguen la Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals.
  - c) Norma UNE EN 12193: Il·luminació. Enllumenat d'instal·lacions esportives.

### **B.2 Recomanacions**

**UNE 72 112** Tasques visuals. Classificació.

**UNE 72 163** Nivells d'il·luminació. Assignació de tasques.



## **Secció HE 4**

### **Contribució solar mínima d'aigua calenta sanitària**

#### **1 Generalitats**

##### **1.1 Àmbit d'aplicació**

- 1 Aquesta secció és aplicable als edificis de nova construcció i rehabilitació d'edificis existents de qualsevol ús en els quals hi hagi una demanda d'aigua calenta sanitària i/o climatització de piscina coberta.
- 2 La contribució solar mínima determinada en aplicació de l'exigència bàsica que es desplega en aquesta secció es pot disminuir justificadament en els casos següents:
  - a) quan es cobreixi aquesta aportació energètica d'aigua calenta sanitària mitjançant l'aprofitament d'energies renovables, processos de cogeneració o fonts d'energia residuals procedents de la instal·lació de recuperadors de calor aliens a la mateixa generació de calor de l'edifici;
  - b) quan el compliment d'aquest nivell de producció suposi sobrepassar els criteris de càlcul que marca la legislació de caràcter bàsic aplicable;
  - c) quan l'emplaçament de l'edifici no disposi de prou accés al sol per barreres externes a aquest;
  - d) en rehabilitació d'edificis, quan hi hagi limitacions no solucionables derivades de la configuració prèvia de l'edifici existent o de la normativa urbanística aplicable;
  - e) en edificis de nova planta, quan hi hagi limitacions no solucionables derivades de la normativa urbanística aplicable que impossibilitin de manera evident la disposició de la superfície de captació necessària;
  - f) quan així ho determini l'òrgan competent que hagi de dictaminar en matèria de protecció historicoartística.
- 3 En edificis que es trobin en els casos b), c), d) i e) de l'apartat anterior, s'ha de justificar en el projecte la inclusió alternativa de mesures o elements que produeixin un estalvi energètic tèrmic o reducció d'emissions de diòxid de carboni, equivalents a les que s'obtidrien mitjançant la corresponent instal·lació solar, respecte als requisits bàsics que fixi la normativa vigent, fent millores a l'aïllament tèrmic i rendiment energètic dels equips.

##### **1.2 Procediment de verificació**

- 1 Per a l'aplicació d'aquesta secció s'ha de seguir la seqüència que s'exposa a continuació:
  - a) obtenció de la contribució solar mínima segons l'apartat 2.1;
  - b) compliment de les condicions de disseny i dimensionament de l'apartat 3;
  - c) compliment de les condicions de manteniment de l'apartat 4.

## 2 Caracterització i quantificació de les exigències

- 1 Les contribucions solars que es recullen a continuació tenen el caràcter de mínims i es poden ampliar voluntàriament per part del promotor o com a conseqüència de disposicions dictades per les administracions competents.

### 2.1 Contribució solar mínima

- 1 La contribució solar mínima anual és la fracció entre els valors anuals de l'energia solar aportada exigida i la demanda energètica anual, obtinguts a partir dels valors mensuals. A les taules 2.1 i 2.2 s'indiquen per a cada zona climàtica i diferents nivells de demanda d'aigua calenta sanitària (ACS) a una temperatura de referència de 60 °C la contribució solar mínima anual, tenint en compte els casos següents:

- general: suposant que la font energètica de suport sigui gasoil, propà, gas natural o altres;
- efecte Joule: suposant que la font energètica de suport sigui electricitat mitjançant efecte Joule.

**Taula 2.1. Contribució solar mínima en %. Cas general**

Demanda total d'ACS de l'edifici (l/d)	Zona climàtica				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

**Taula 2.2. Contribució solar mínima en %. Cas efecte Joule**

Demanda total d'ACS de l'edifici (l/d)	Zona climàtica				
	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
> 6.000	70	70	70	70	70

- 2 A la taula 2.3 s'indica per a cada zona climàtica la contribució solar mínima anual per al cas de l'aplicació amb climatització de piscines cobertes.

**Taula 2.3. Contribució solar mínima en %. Cas climatització de piscines**

	Zona climàtica				
	I	II	III	IV	V
Piscines cobertes	30	30	50	60	70

- 3 En el cas d'ocupacions parcials d'instal·lacions d'ús residencial turístic de les recollides a l'apartat 3.1.1, se n'han de detallar els motius, modificacions de disseny, càlculs i resultats prenent com a criteri de dimensionament que la instal·lació s'ha d'aproximar al màxim al nivell de contribució solar mínima. El dimensionament de la instal·lació està limitat pel compliment de la condició que en cap mes de l'any l'energia produïda per la instal·lació pot superar el 110% de la demanda energètica i en no més de tres mesos el 100%, i a aquest efecte no es prenen en consideració els períodes de temps en els quals la demanda energètica se situï un 50% per sota de la mitjana corresponent a la resta de l'any, prenent mesures de protecció.

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

- 4 Amb independència de l'ús al qual es destini la instal·lació, en cas que en algun mes de l'any la contribució solar real sobrepassi el 110% de la demanda energètica o en més de tres mesos seguits el 100%, s'ha d'adoptar qualsevol de les mesures següents:
- dotar la instal·lació de la possibilitat de dissipar els excedents esmentats (a través d'equipaments específics o mitjançant la circulació nocturna del circuit primari);
  - tapament parcial del camp de captadors. En aquest cas el captador està aïllat de l'escalfament produït per la radiació solar i al seu torn evacua els possibles excedents tèrmics residuals a través del fluid del circuit primari (que ha de seguir travessant el captador);
  - buidatge parcial del camp de captadors. Aquesta solució permet evitar el sobreescalfament, però atesa la pèrdua de part del fluid del circuit primari, ha de ser substituït per un fluid de característiques similars, i aquest treball en aquest cas s'ha d'incloure entre les tasques del contracte de manteniment;
  - desviament dels excedents energètics a altres aplicacions existents.
- 5 En cas que s'opti per les solucions b) i c), dins del manteniment s'han de programar les operacions que calgui fer consistents en el buidatge parcial o el tapament parcial del camp de captadors i la reposició de les condicions inicials. Aquestes operacions s'han de dur a terme una abans i una altra després de cada període de sobreproducció energètica. No obstant això, es recomanen aquestes solucions només en cas que l'edifici tingui un servei de manteniment continu.
- 6 Quan la instal·lació tingui ús de residencial habitatge i no sigui possible la solució d) es recomana la solució a).
- 7 Addicionalment, durant tot l'any s'ha de vigilar la instal·lació per prevenir els possibles danys ocasionats pels possibles sobreescalfaments.
- 8 L'orientació i inclinació del sistema generador i les possibles ombres sobre aquest han de ser de manera que les pèrdues siguin inferiors als límits de la taula 2.4.

<b>Cas</b>	<b>Orientació i inclinació</b>	<b>Ombres</b>	<b>Total</b>
General	10%	10%	15%
Superposició	20%	15%	30%
Integració arquitectònica	40%	20%	50%

- 9 A la taula 2.4 es consideren tres casos: general, superposició de mòduls i integració arquitectònica. Es considera que hi ha integració arquitectònica quan els mòduls compleixen una doble funció energètica i arquitectònica i a més substitueixen elements constructius convencionals o són elements constituents de la composició arquitectònica. Es considera que hi ha superposició arquitectònica quan la col·locació dels captadors es fa paral·lela a l'envoltant de l'edifici; i en aquest concepte no s'accepta la disposició horitzontal amb l'objectiu d'afavorir l'autoneteja dels mòduls. Una regla fonamental que s'ha de seguir per aconseguir la integració o superposició de les instal·lacions solars és la de mantenir, en tant que sigui possible, l'alineació amb els eixos principals de l'edificació.
- 10 En tots els casos s'han de complir les tres condicions: pèrdues per orientació i inclinació, pèrdues per ombrejat i pèrdues totals inferiors als límits estipulats respecte als valors obtinguts amb orientació i inclinació òptims i sense cap ombra.
- 11 Es considera orientació òptima el sud i inclinació òptima, depenent del període d'utilització, un dels valors següents:
- demanda constant anual: la latitud geogràfica;
  - demanda preferent a l'hivern: la latitud geogràfica + 10 °;
  - demanda preferent a l'estiu: la latitud geogràfica - 10 °.
- 12 Sense excepcions, s'han d'avaluar les pèrdues per orientació i inclinació i ombres de la superfície de captació d'acord amb el que estipulen els apartats 3.5 i 3.6. Quan, per raons arquitectòniques excepcionals, no es pugui donar tota la contribució solar mínima anual que indiquen les taules 2.1, 2.2 i 2.3 complint els requisits que indica la taula 2.4, s'ha de justificar aquesta impossibilitat, analitzant les diferents alternatives de configuració de l'edifici i d'ubicació de la instal·lació, i s'ha d'optar per la solució que doni lloc a la contribució solar mínima.

### 3 Càlcul i dimensionament

#### 3.1 Dades prèvies

##### 3.1.1 Càlcul de la demanda

- 1 Per valorar les demandes es prenen els valors unitaris que apareixen a la taula següent (demanda de referència a 60 °C).

Taula 3.1. Demanda de referència a 60 °C (1)

Criteri de demanda	Litres ACS/dia a 60 °C	
Habitatges unifamiliars	30	per persona
Habitatges multifamiliars	22	per persona
Hospitals i clíniques	55	per llit
Hotel ****	70	per llit
Hotel ***	55	per llit
Hotel/Hostal **	40	per llit
Càmping	40	per emplaçament
Hostal/Pensió *	35	per llit
Residència (ancians, estudiants, etc.)	55	per llit
Vestidors/Dutxes col·lectives	15	per servei
Escoles	3	per alumne
Casernes	20	per persona
Fàbriques i tallers	15	per persona
Administratius	3	per persona
Gimnasos	20 a 25	per usuari
Bugaderies	3 a 5	per quilo de roba
Restaurants	5 a 10	per menjar
Cafeteries	1	per dinar

(1) Els litres d'ACS/dia a 60 °C de la taula s'han calculat a partir de la taula 1 (consum unitari diari mitjà) de la norma UNE 94002:2005 "Instal·lacions solars tèrmiques per a producció d'aigua calenta sanitària: càlcul de la demanda energètica".

Per al càlcul s'ha utilitzat l'equació (3.2) amb els valors de  $T_i = 12$  °C (constant) i  $T = 45$  °C.

- 2 En cas que s'esculli una temperatura a l'acumulador final diferent de 60 °C, s'ha d'assolir la contribució solar mínima corresponent a la demanda obtinguda amb les demandes de referència a 60 °C. No obstant això, la demanda que s'ha de considerar als efectes de càlcul, segons la temperatura escollida, és la que s'obtingui a partir de l'expressió següent:

$$D(T) = \sum_{i=1}^{12} D_i(T) \quad (3.1)$$

$$D_i(T) = D_i(60 \text{ °C}) \times \left( \frac{60 - T_i}{T - T_i} \right) \quad (3.2)$$

on:

$D(T)$  és la demanda d'aigua calenta sanitària anual a la temperatura  $T$  escollida;

$D_i(T)$  és la demanda d'aigua calenta sanitària per al mes  $i$  a la temperatura  $T$  escollida;

$D_i(60 \text{ °C})$  és la demanda d'aigua calenta sanitària per al mes  $i$  a la temperatura de 60 °C;

$T$  és la temperatura de l'acumulador final;

$T_i$  és la temperatura mitjana de l'aigua freda en el mes  $i$ .

- 3 Per a altres usos es prenen valors contrastats per l'experiència o recollits per fonts de reconeguda solvència.
- 4 En l'ús residencial habitatge el càlcul del nombre de persones per habitatge s'ha de fer utilitzant com a valors mínims els que es detallen a continuació:

Nombre de dormitoris	1	2	3	4	5	6	7	més de 7
Nombre de Persones	1,5	3	4	6	7	8	9	Nre. de dormitoris

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

- 5 Addicionalment s'han de tenir en compte les pèrdues calorífiques en distribució/recirculació de l'aigua als punts de consum.
- 6 Per al càlcul posterior de la contribució solar anual s'han d'estimar les demandes mensuals prenent en consideració el nombre d'unitats (persones, llits, serveis, etc.) corresponents a l'ocupació plena, llevat d'instal·lacions d'ús residencial turístic en què es justifiqui un perfil de demanda propi originat per ocupacions parcials.
- 7 Es prenen com a pertanyents a un únic edifici la suma de demandes d'aigua calenta sanitària de diversos edificis executats dins d'un mateix recinte, incloent-hi tots els serveis. Igualment en el cas d'edificis de diversos habitatges o usuaris d'ACS, als efectes d'aquesta exigència, es considera la suma de les demandes de tots aquests.
- 8 En cas que es justifiqui un nivell de demanda d'ACS que presenti diferències de més del 50% entre els diversos dies de la setmana, es considera la corresponent al dia mitjà de la setmana i la capacitat d'acumulació ha de ser igual a la del dia de la setmana de més demanda.
- 9 Per a piscines cobertes, els valors ambientals de temperatura i humitat s'han de fixar en el projecte, la temperatura seca de l'aire del local ha de ser entre 2 °C i 3 °C més alta que la de l'aigua, amb un mínim de 26 °C i un màxim de 28 °C, i la humitat relativa de l'ambient s'ha de mantenir entre el 55% i el 70%; és recomanable escollir el valor de 60%.

**3.1.2 Zones climàtiques**

- 1 A la figura 3.1 i a la taula 3.2 es marquen els límits de zones homogènies a efectes de l'exigència. Les zones s'han definit tenint en compte la radiació solar global mitjana diària anual sobre superfície horitzontal (H), prenent els intervals que es detallen per a cadascuna de les zones, com s'indica a continuació:

**Taula 3.2 Radiació solar global**

Zona climàtica	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Document bàsic HE Estalvi d'energia



Fig. 3.1. Zones climàtiques

Taula 3.3 Zones climàtiques

A CORUNYA	Arteixo	I	Sant Vicent del Raspeig	V	Castelldefels	II	
	Carballo	I	Torrevel·la	V	Cerdanyola del Vallès	II	
	A Coruña	I	Vila Joiosa	IV	Cornellà de Llobregat	II	
	Ferrol	I	Villena	IV	Gavà	II	
	Naron	I	ALMERIA	Adra	V	Granollers	III
	Oleiros	I		Almeria	V	L'Hospitalet de Llobregat	II
	Riveira	I		El Ejido	V	Igualada	IV
	Santiago de Compostel·la	I		Roquetas de mar	V	Manresa	III
ÀLABA	Vitòria-Gasteiz	I	ASTÚRIES	Avilès	I	El Masnou	II
ALBACETE	Albacete	V		Castrillón	I	Mataró	II
	Almansa	V		Gijón	I	Mollet del Vallès	II
	Hellín	V		Langreo	I	Montcada i Reixac	II
	Villarrobledo	IV		Mieres	I	El Prat de Llobregat	II
ALACANT	Alcoi	IV		Oviedo	I	Premià de mar	II
	Alacant	V		San Martín del Rey Aurelio	I	Ripollet	II
	Benidorm	IV		Siero	I	Rubí	II
	Crevillent	V	ÀVILA	Àvila	IV	Sabadell	III
	Dénia	IV	BADAJOS	Almendralejo	V	Sant Adrià de Besòs	II
	Elx	V		Badajoz	V	Sant Boi de Llobregat	II
	Elda	IV		Don Benito	V	Sant Cugat del Vallès	II
	Ibi	IV		Mèrida	V	Sant Feliu de Llobregat	II
	Xàbia	IV		Villanueva de la Serena	V	Sant Joan Despí	II
	Novelda	IV	BARCELONA	Badalona	II		
	Oriola	IV		Barberà del Vallès	II		
	Petrer	IV		Barcelona	II		

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

	Sant Pere de Ribes	II	CONCA	Conca	III		Alcobendas	IV
	Sant Vicenç dels Horts	II	GIRONA	Blanes	III		Alcorcón	IV
	Santa Coloma de Gramenet	II		Figueres	III		Aranjuez	IV
	Terrassa	III		Girona	III		Arganda del Rey	IV
	Vic	III		Olot	II		Colmenar Viejo	IV
	Viladecans	II	GRANADA	Salt	III		Collado Villalba	IV
	Vilafranca del Penedès	III		Almuñécar	IV		Coslada	IV
	Vilanova i la Geltrú	III		Baza	V		Fuenlabrada	IV
BURGOS	Aranda de Duero	II		Granada	IV		Getafe	IV
	Burgos	II		Guadix	IV		Leganés	IV
	Miranda de Ebro	II		Loja	IV		Madrid	IV
CÁCERES	Càceres	V		Motril	V		Majadahonda	IV
	Plasència	V	GUADALAJARA	Guadalajara	IV		Móstoles	IV
CADIS	Algesires	IV	GUIPÚSCOA	Arrasate o Mondragón	I		Parla	IV
	Arcos de la Frontera	V		Donostia-Sant Sebastià	I		Pinto	IV
	Barbate	IV		Éibar	I		Pozuelo de Alarcón	IV
	Cadís	IV		Errenteria	I		Rivas-Vaciamadrid	IV
	Chiclana de la Frontera	IV	HUELVA	Irun	I		Las Rozas de Madrid	IV
	Jerez de la Frontera	V	OSCA	Huelva	V	MADRID	San Fernando de Henares	IV
	La Línea de la Concepción	IV	ILLES	Oscá	III		San Sebastián de los Reyes	IV
	El Puerto de Santa María	IV	BALEARS	Calvià	IV		Torrejón de Ardoz	IV
	Puerto Real	IV		Ciutadella de Menorca	IV		Tres Cantos	IV
	Rota	V		Eivissa	IV		Valdemoro	IV
	San Fernando	IV		Inca	IV	MÀLAGA	Antequera	IV
	San Roque	IV		Llucmajor	IV		Benalmádena	IV
	Sanlúcar de Barrameda	V		Maó	IV		Estepona	IV
CANTÀBRIA	Camargo	I	JAÉN	Manacor	IV		Fuengirola	IV
	Santander	I		Palma de	IV		Málaga	IV
	Torrelavega	I		Santa Eulàlia del Riu	IV		Marbella	IV
CASTELLÓ DE	Borriana	IV		Alcalá la Real	IV		Mijas	IV
	Castelló de la Plana	IV		Andújar	V		Rincón de la Victoria	IV
	La Vall d'Uixó	IV		Jaén	IV		Ronda	IV
	Vila-real	IV		Linares	V		Torremolinos	IV
	Vinaròs	IV		Martos	IV		Vélez-Málaga	IV
CEUTA	Ceuta	V		Úbeda	V	MELILLA	Melilla	V
CIUDAD REAL	Alcázar de San Juan	IV	LA RIOJA	Logronyo	II	MÚRCIA	Águilas	V
	Ciudad Real	IV	LAS PALMAS	Arrecife	V		Alcantarilla	IV
	Puertollano	IV		Arucas	V		Caravaca de la Cruz	V
	Tomelloso	IV		Gáldar	V		Cartagena	IV
	Valdepeñas	IV		Ingenio	V		Cieza	V
CÒRDOVA	Baena	V		Las Palmas de Gran Canaria	V		Jumilla	V
	Cabra	V		San Bartolomé de Tirajana	V		Lorca	V
	Còrdova	IV		Santa Lucía	V		Molina de Segura	V
	Lucena	V		Telde	V		Múrcia	IV
	Montilla	V	LLEÓ	Lleó	III		Torre-Pacheco	IV
	Priego de Córdoba	V		Ponferrada	II		Totana	V
	Puente Genil	V		San Andrés del Rabanedo	III		lecla	V
			LUGO	Lugo	II	NAVARRA	Barañain	II
			LLEIDA	Lleida	III		Pamplona	II
			MADRID	Alcalá de Henares	IV		Tudela	III
						OURENSE	Ourense	II

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

PALÈNCIA	Palència	II	Lebrija	V	Gandia	IV		
PONTEVEDRA	Cangas	I	Mairena del	V	Manises	IV		
	A Estrada	I	Aljarafe		Mislata	IV		
	Lalín	I	Morón de la	V	Oliva	IV		
	Marín	I	Frontera		Ontinyent	IV		
	Pontevedra	I	Los Palacios y	V	Paterna	IV		
	Redondela	I	Villafranca		Quart de Poblet	IV		
	Vigo	I	La Rinconada	V	Sagunt	IV		
	Vilagarcía de Arousa	I	San Juan de Aznalfarache	V	Sueca	IV		
SALAMANCA	Salamanca	III	Sevilla	V	Torrent	IV		
			Utrera	V	València	IV		
SANTA CRUZ DE TENERIFE	Arona	V	SÒRIA	Sòria	III	Xàtiva	IV	
DE TENERIFE	Icod de los Vinos	V	TARRAGONA	Reus	IV	Xirivella	IV	
	La Orotava	V		Tarragona	III	VALLADOLID	Medina del Campo	III
	Puerto de la Cruz	V		Tortosa	III		Valladolid	II
	Los Realejos	V		Valls	IV	BISCAIA	Barakaldo	I
SANTA CRUZ DE TENERIFE	San Cristóbal de	V		El Vendrell	III		Basauri	I
	Santa Cruz de Tenerife	V	TEROL	Terol	III		Bilbao	I
	Tacoronte	V		Talavera de la Reina	IV		Durango	I
SEGÒVIA	Segòvia	III	TOLEDO	Toledo	IV	Erandio	I	
						Galdakao	I	
SEVILLA	Alcalá de Guadaíra	V	VALÈNCIA	Alaquas	IV	Getxo	I	
	Camas	V		Aldaia	IV	leioa	I	
	Carmona	V		Algemesí	IV	Portugalete	I	
	Coria del Río	V		Alzira	IV	Santurtzi	I	
	Dos Hermanas	V		Burjassot	IV	Sestao	I	
	Écija	V		Carcaixent	IV	ZAMORA	Zamora	III
				Catarroja	IV	SARAGOSSA	Saragossa	IV
			Cullera	IV				



## 3.2 Condicions generals de la instal·lació

### 3.2.1 Definició

- 1 Una instal·lació solar tèrmica està constituïda per un conjunt de components encarregats de realitzar les funcions de captar la radiació solar, transformar-la directament en energia tèrmica cedint-la a un fluid de treball i finalment emmagatzemar aquesta energia tèrmica de manera eficient, o bé en el mateix fluid de treball dels captadors, o bé transferir-la a un altre, per poder fer-la servir després en els punts de consum. Aquest sistema es complementa amb una producció d'energia tèrmica per sistema convencional auxiliar que pot o no estar integrada dins de la mateixa instal·lació.
- 2 Els sistemes que formen la instal·lació solar tèrmica per a aigua calenta són els següents:
  - a) un sistema de captació format pels captadors solars, encarregat de transformar la radiació solar incident en energia tèrmica de manera que s'escalfa el fluid de treball que hi circula;
  - b) un sistema d'acumulació constituït per un o diversos dipòsits que emmagatzemen l'aigua calenta fins que cal fer-la servir;
  - c) un circuit hidràulic constituït per canonades, bombes, vàlvules, etc. que s'encarrega d'establir el moviment del fluid calent fins al sistema d'acumulació;
  - d) un sistema d'intercanvi que realitza la transferència d'energia tèrmica captada des del circuit de captadors, o circuit primari, a l'aigua calenta que es consumeix;
  - e) sistema de regulació i control que s'encarrega d'una banda d'assegurar el funcionament correcte de l'equip per proporcionar la màxima energia solar tèrmica possible i, de l'altra, actua com a protecció davant l'acció de múltiples factors com sobreescalfaments del sistema, riscs de congelacions, etc;
  - f) addicionalment, es disposa d'un equip d'energia convencional auxiliar que s'utilitza per complementar la contribució solar subministrant l'energia necessària per cobrir la demanda prevista, garantint la continuïtat del subministrament d'aigua calenta en els casos d'escassa radiació solar o demanda superior a la prevista.
- 3 Es consideren sistemes solars prefabricats els que es produeixen en condicions que s'estimen uniformes i són oferts a la venda com a equips complets i preparats per instal·lar, sota un sol nom comercial. Poden ser compactes o partits i d'altra banda constituir un sistema integrat o bé un conjunt i una configuració uniforme de components.

### 3.2.2 Condicions generals

- 1 L'objectiu bàsic del sistema solar és subministrar a l'usuari una instal·lació solar que:
  - a) optimitzi l'estalvi energètic global de la instal·lació en combinació amb la resta d'equips tèrmics de l'edifici;
  - b) garanteixi una durabilitat i una qualitat suficients;
  - c) garanteixi un ús segur de la instal·lació.
- 2 Les instal·lacions s'han de fer amb un circuit primari i un circuit secundari independents, amb producte químic anticongelant, evitant qualsevol tipus de barreja dels diferents fluids que poden operar en la instal·lació.
- 3 En instal·lacions que disposin de més de 10 m<sup>2</sup> de captació corresponent a un sol circuit primari, aquest ha de ser de circulació forçada.
- 4 Si la instal·lació ha de permetre que l'aigua assoleixi una temperatura de 60 °C, no s'hi pot admetre la presència de components d'acer galvanitzat.
- 5 Respecte a la protecció contra descàrregues elèctriques, les instal·lacions han de complir el que fixen la reglamentació vigent i les normes específiques que la regulin.
- 6 S'han d'instal·lar maneguets electrolítics entre elements de diferents materials per evitar el parell galvànic.

#### 3.2.2.1 Fluid de treball

- 1 El fluid portador s'ha de seleccionar d'acord amb les especificacions del fabricant dels captadors. Es poden utilitzar com a fluids en el circuit primari aigua de la xarxa, aigua desmineralitzada o aigua amb additius, segons les característiques climatològiques del lloc d'instal·lació i de la qualitat de

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

l'aigua utilitzada. En cas d'utilització d'altres fluids tèrmics, se n'ha d'incloure en el projecte la composició i la calor específica.

- 2 El fluid de treball ha de tenir un pH a 20 °C entre 5 i 9 i un contingut en sals que s'ajusti als que assenyalen els punts següents:
  - a) la salinitat de l'aigua del circuit primari no pot excedir els 500 mg/l totals de sals solubles. En cas que no es disposi d'aquest valor, s'ha de prendre el de conductivitat com a variable limitant, sense sobrepassar els 650 µS/cm;
  - b) el contingut en sals de calci no pot excedir els 200 mg/l, expressats com a contingut en carbonat càlcic;
  - c) el límit de diòxid de carboni lliure contingut a l'aigua no pot excedir els 50 mg/l.
- 3 Fora d'aquests valors, l'aigua ha de ser tractada.

### 3.2.2.2 Protecció contra glaçades

- 1 El fabricant, subministrador final, instal·lador o dissenyador del sistema ha de fixar la mínima temperatura permesa en el sistema. Totes les parts del sistema que estiguin exposades a l'exterior han de ser capaces de suportar la temperatura especificada sense danys permanents en el sistema.
- 2 Qualsevol component que s'hagi d'instal·lar a l'interior d'un recinte on la temperatura pugui caure per sota dels 0 °C ha d'estar protegit contra les glaçades.
- 3 La instal·lació ha d'estar protegida, amb un producte químic no tòxic la calor específica del qual no ha de ser inferior a 3 kJ/kg K, en 5 °C per sota de la mínima històrica registrada per tal de no produir danys al circuit primari de captadors per glaçades. Addicionalment aquest producte químic ha de mantenir totes les seves propietats físiques i químiques dins dels intervals mínim i màxim de temperatura permesa per tots els components i materials de la instal·lació.
- 4 Es pot utilitzar un altre sistema de protecció contra glaçades que, assolint els mateixos nivells de protecció, sigui aprovat per l'Administració competent.

### 3.2.2.3 Sobreescalfaments

#### 3.2.2.3.1 Protecció contra sobreescalfaments

- 1 S'ha de dotar les instal·lacions solars de dispositius de control manuals o automàtics que evitin els sobreescalfaments de la instal·lació que puguin malmetre els materials o equipaments i penalitzin la qualitat del subministrament energètic. En el cas de dispositius automàtics, s'han d'evitar de manera especial les pèrdues de fluid anticongelant, el farciment amb una connexió directa a la xarxa i el control del sobreescalfament mitjançant la despesa excessiva d'aigua de xarxa. S'ha de tenir cura especial amb les instal·lacions d'ús estacional en què en el període de no-utilització s'han de prendre mesures que evitin el sobreescalfament pel no-ús de la instal·lació.
- 2 Quan el sistema disposi de la possibilitat de drenatges com ara protecció davant de sobreescalfaments, la construcció s'ha de fer de manera que l'aigua calenta o vapor del drenatge no suposin cap perill per als habitants i no es produeixin danys en el sistema, ni en cap altre material de l'edifici o habitatge.
- 3 Quan les aigües siguin dures, és a dir, amb una concentració en sals de calci entre 100 i 200 mg/l, s'han de realitzar les previsions necessàries perquè la temperatura de treball de qualsevol punt del circuit de consum no sigui superior a 60 °C, sens perjudici de l'aplicació dels requeriments necessaris contra la legionel·la. En qualsevol cas, s'han de disposar els mitjans necessaris per facilitar la neteja dels circuits.

#### 3.2.2.3.2 Protecció contra cremades

- 1 En sistemes d'aigua calenta sanitària en què la temperatura d'aigua calenta en els punts de consum pugui excedir els 60 °C s'ha d'instal·lar un sistema automàtic de barreja o un altre sistema que limiti la temperatura de subministrament a 60 °C, encara que en la part solar pugui assolir una temperatura superior per sufragar les pèrdues. Aquest sistema ha de ser capaç de suportar la màxima temperatura possible d'extracció del sistema solar.

#### 3.2.2.3.3 Protecció de materials contra altes temperatures

- 1 El sistema ha de ser calculat de manera que mai s'excedeixi la màxima temperatura permesa per tots els materials i components.

#### 3.2.2.4 Resistència a la pressió

- 1 Els circuits s'han de sotmetre a una prova de pressió d'1,5 vegades el valor de la pressió màxima de servei. S'ha d'assajar el sistema amb aquesta pressió durant almenys una hora sense que es produeixin danys permanents ni fuites en els components del sistema i en les seves interconnexions. Passat aquest temps, la pressió hidràulica no ha de caure més d'un 10% del valor mitjà mesurat al principi de l'assaig.
- 2 El circuit de consum ha de suportar la màxima pressió requerida per les regulacions nacionals/europees d'aigua potable per a instal·lacions d'aigua de consum obertes o tancades.
- 3 En cas de sistemes de consum oberts amb connexió a la xarxa s'ha de tenir en compte la màxima pressió d'aquesta per verificar que tots els components del circuit de consum suporten la pressió esmentada.

#### 3.2.2.5 Prevenció de flux invers

- 1 La instal·lació del sistema ha d'assegurar que no es produeixin pèrdues energètiques rellevants degudes a fluxos inversos no intencionats en cap circuit hidràulic del sistema.
- 2 La circulació natural que produeix el flux invers es pot afavorir quan l'acumulador es troba per sota del captador, per la qual cosa, en aquests casos, s'han de prendre les precaucions oportunes per evitar-ho.
- 3 Per evitar fluxos inversos és aconsellable la utilització de vàlvules antiretorn, llevat que l'equip sigui per circulació natural.

### 3.3 Criteris generals de càlcul

#### 3.3.1 Dimensionament bàsic

- 1 A la memòria del projecte s'ha d'establir el mètode de càlcul, i especificar, almenys en base mensual, els valors mitjans diaris de la demanda d'energia i de la contribució solar. Així mateix el mètode de càlcul ha d'incloure les prestacions globals anuals definides per:
  - a) la demanda d'energia tèrmica;
  - b) l'energia solar tèrmica aportada;
  - c) les fraccions solars mensuals i anual;
  - d) el rendiment mitjà anual.
- 2 S'ha de comprovar si hi ha algun mes de l'any en el qual l'energia produïda teòricament per la instal·lació solar supera la demanda corresponent a l'ocupació real o algun altre període de temps en el qual es puguin donar les condicions de sobreescalfament i prendre en aquests casos les mesures de protecció de la instal·lació corresponents. Durant aquest període de temps s'han d'intensificar les tasques de vigilància que descriu l'apartat de manteniment. En una instal·lació d'energia solar, el rendiment del captador, independentment de l'aplicació i la tecnologia emprada, ha de ser sempre igual o superior al 40%. Addicionalment, s'ha de complir que el rendiment mitjà dins del període al cap d'un any a partir que s'utilitzi la instal·lació, ha de ser superior al 20%.

#### 3.3.2 Sistema de captació

##### 3.3.2.1 Generalitats

- 1 El captador seleccionat ha de tenir el certificat emès per l'organisme competent en la matèria segons el que regula el RD 891/1980, de 14 d'abril, sobre homologació dels captadors solars, i l'Ordre de 28 de juliol de 1980 per la qual s'aproven les normes i instruccions tècniques complementàries per a l'homologació dels captadors solars, o el certificat o condicions que consideri la reglamentació que el substitueixi.
- 2 Es recomana que els captadors que integrin la instal·lació siguin del mateix model, tant per criteris energètics com per criteris constructius.
- 3 En les instal·lacions destinades exclusivament a la producció d'aigua calenta sanitària mitjançant energia solar, es recomana que els captadors tinguin un coeficient global de pèrdues, referit a la corba de rendiment en funció de la temperatura ambient i temperatura d'entrada, menor de  $10 \text{ Wm}^2/^{\circ}\text{C}$ , segons els coeficients que defineixi la normativa en vigor.

##### 3.3.2.2 Connexionament

- 1 S'ha de prestar una atenció especial a l'estanquitat i durabilitat de les connexions del captador.

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

- 2 Els captadors s'han de disposar en files constituïdes preferentment pel mateix nombre d'elements. Les files de captadors es poden connectar entre si en paral·lel, en sèrie o en sèrie-paral·lel, i s'han d'instal·lar vàlvules de tancament, a l'entrada i sortida de les diferents bateries de captadors i entre les bombes, de manera que es puguin utilitzar per a aïllament d'aquests components en tasques de manteniment, substitució, etc. A més s'ha d'instal·lar una vàlvula de seguretat per fila amb la finalitat de protegir la instal·lació.
- 3 Dins de cada fila els captadors s'han de connectar en sèrie o en paral·lel. El nombre de captadors que es poden connectar en paral·lel ha de tenir en compte les limitacions del fabricant. En cas que l'aplicació sigui exclusivament d'ACS es poden connectar en sèrie fins a 10 m<sup>2</sup> a les zones climàtiques I i II, fins a 8 m<sup>2</sup> a la zona climàtica III i fins a 6 m<sup>2</sup> a les zones climàtiques IV i V.
- 4 La connexió entre captadors i entre files s'ha de realitzar de manera que el circuit resulti equilibrat hidràulicament i es recomana el retorn invertit enfront de la instal·lació de vàlvules d'equilibratge.

**3.3.2.3 Estructura suport**

- 1 S'ha d'aplicar a l'estructura suport les exigències del Codi tècnic de l'edificació quant a seguretat.
- 2 El càlcul i la construcció de l'estructura i el sistema de fixació de captadors han de permetre les dilatacions tèrmiques necessàries, sense transferir càrregues que puguin afectar la integritat dels captadors o el circuit hidràulic.
- 3 Els punts de subjecció del captador han de ser suficients en nombre, i tenir l'àrea de suport i posició relativa adequades, de manera que no es produeixin flexions en el captador superiors a les permeses pel fabricant.
- 4 Els límits de subjecció de captadors i la mateixa estructura no poden fer ombra sobre els captadors.
- 5 En cas d'instal·lacions integrades a la coberta que facin de coberta de l'edifici, l'estructura i l'estanquitat entre captadors s'han d'ajustar a les exigències que indica la part corresponent del Codi tècnic de l'edificació i altra normativa aplicable.

**3.3.3 Sistema d'acumulació solar****3.3.3.1 Generalitats**

- 1 El sistema solar s'ha de concebre en funció de l'energia que aporta al llarg del dia i no en funció de la potència del generador (captadors solars), per tant s'ha de preveure una acumulació d'acord amb la demanda ja que aquesta no és simultània amb la generació.
- 2 Per a l'aplicació d'ACS, l'àrea total dels captadors ha de tenir un valor de manera que es compleixi la condició:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad (3.3)$$

on:

A és la suma de les àrees dels captadors [m<sup>2</sup>];

V és el volum del dipòsit d'acumulació solar [litres].

- 3 Preferentment, el sistema d'acumulació solar ha d'estar constituït per un sol dipòsit, ha de ser de configuració vertical i estar ubicat en zones interiors. El volum d'acumulació es pot fraccionar en dos o més dipòsits, que s'han de connectar, preferentment, en sèrie invertida al circuit de consum o en paral·lel amb els circuits primaris i secundaris equilibrats.
- 4 Per a instal·lacions prefabricades segons el que defineix l'apartat 3.2.1, als efectes de prevenció de la legionel·losi, s'han d'assolir els nivells tèrmics necessaris segons la normativa mitjançant la no-utilització de la instal·lació. Per a la resta de les instal·lacions i únicament amb la finalitat i amb la periodicitat que prevegi la legislació vigent pel que fa a la prevenció i el control de la legionel·losi, és admissible preveure un connexionament puntual entre el sistema auxiliar i l'acumulador solar, de manera que es pugui escalfar aquest últim amb l'auxiliar. En tots dos casos s'ha d'ubicar un termòmetre la lectura del qual sigui fàcilment visible per a l'usuari. No obstant això, es poden dur a terme altres mètodes de tractament antilegionel·la permesos per la legislació vigent.
- 5 Els acumuladors dels sistemes grans a mida amb un volum superior a 2 m<sup>3</sup> han de portar vàlvules de tall o altres sistemes adequats per tallar fluxos a l'exterior del dipòsit no intencionats en cas de danys del sistema.
- 6 Per a instal·lacions de climatització de piscines exclusivament no es pot emprar cap volum d'acumulació, encara que es pot utilitzar un petit emmagatzematge d'inèrcia en el primari.

### 3.3.3.2 Situació de les connexions

- 1 Les connexions d'entrada i sortida s'han de situar de manera que s'evitin camins preferents de circulació del fluid i a més:
  - a) la connexió d'entrada d'aigua calenta procedent de l'intercanviador o dels captadors a l'interacumulador s'ha de fer preferentment a una altura compresa entre el 50% i el 75% de l'altura total d'aquest;
  - b) la connexió de sortida d'aigua freda de l'acumulador cap a l'intercanviador o els captadors s'ha de fer per la part inferior d'aquest;
  - c) la connexió de retorn de consum a l'acumulador i aigua freda de xarxa s'han de fer per la part inferior;
  - d) l'extracció d'aigua calenta de l'acumulador s'ha de fer per la part superior.
- 2 En els casos degudament justificats en què sigui necessari instal·lar dipòsits horitzontals les preses d'aigua calenta i freda han d'estar situades en extrems diagonalment oposats.
- 3 La connexió dels acumuladors ha de permetre la desconexió individual d'aquests sense interrompre el funcionament de la instal·lació.
- 4 No es permet la connexió d'un sistema de generació auxiliar a l'acumulador solar, ja que això pot suposar una disminució de les possibilitats de la instal·lació solar per proporcionar les prestacions energètiques que es pretenen obtenir amb aquest tipus d'instal·lacions. Per als equipaments d'instal·lacions solars que vinguin preparats de fàbrica per acollir un sistema auxiliar elèctric, s'ha d'anul·lar aquesta possibilitat de manera permanent, mitjançant un segellament irreversible o un altre mitjà.

### 3.3.4 Sistema d'intercanvi

- 1 Per al cas d'intercanviador independent, la potència mínima de l'intercanviador  $P$  es determina per a les condicions de treball en les hores centrals del dia i suposa una radiació solar de  $1.000 \text{ W/m}^2$  i un rendiment de la conversió d'energia solar a calor del 50%, i ha de complir la condició:
$$P \geq 500 \cdot A \quad (3.4)$$
on:
  - $P$  és la potència mínima de l'intercanviador [W];
  - $A$  és l'àrea de captadors [ $\text{m}^2$ ].
- 2 Per al cas d'intercanviador incorporat a l'acumulador, la relació entre la superfície útil d'intercanvi i la superfície total de captació no pot ser inferior a 0,15.
- 3 En cadascuna de les canonades d'entrada i sortida d'aigua del bescanviador de calor s'ha d'instal·lar una vàlvula de tancament pròxima al maneguet corresponent.
- 4 Es pot utilitzar el circuit de consum amb un segon intercanviador (circuit terciari).

### 3.3.5 Circuit hidràulic

#### 3.3.5.1 Generalitats

- 1 S'ha de concebre inicialment un circuit hidràulic per si mateix equilibrat. Si no és possible, el flux ha de ser controlat per vàlvules d'equilibratge.
- 2 El cabal del fluid portador es determina d'acord amb les especificacions del fabricant com a conseqüència del disseny del seu producte. Si no n'hi ha, el valor ha d'estar comprès entre 1,2 l/s i 2 l/s per cada  $100 \text{ m}^2$  de xarxa de captadors. A les instal·lacions en què els captadors estiguin connectats en sèrie, el cabal de la instal·lació s'obté aplicant el criteri anterior i dividint el resultat pel nombre de captadors connectats en sèrie.

#### 3.3.5.2 Canonades

- 1 El sistema de canonades i els seus materials no han de permetre que hi hagi possibilitat de formació d'obturacions o dipòsits de calç per a les condicions de treball.
- 2 Per tal d'evitar pèrdues tèrmiques, la longitud de canonades del sistema ha de ser tan curta com sigui possible i evitar al màxim els colzes i les pèrdues de càrrega en general. Els trams horitzontals han de tenir sempre un pendent mínim de l'1% en el sentit de la circulació.
- 3 L'aïllament de les canonades d'intempèrie ha de portar una protecció externa que asseguri la durabilitat davant les accions climatològiques; s'admeten revestiments amb pintures asfàltiques,

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

polièsters reforçats amb fibra de vidre o pintures acríliques. L'aïllament no pot deixar zones visibles de canonades o accessoris, i poden quedar únicament a l'exterior els elements que siguin necessaris per al bon funcionament i l'operació dels components.

**3.3.5.3 Bombes**

- 1 Si el circuit de captadors està dotat d'una bomba de circulació, la caiguda de pressió s'hauria de mantenir acceptablement baixa a tot el circuit.
- 2 Sempre que sigui possible, les bombes en línia s'han de muntar a les zones més fredes del circuit, tenint en compte que no es produeixi cap tipus de cavitació i sempre amb l'eix de rotació en posició horitzontal.
- 3 En instal·lacions superiors a 50 m<sup>2</sup> s'han de muntar dues bombes idèntiques en paral·lel, i deixar-ne una de reserva, tant al circuit primari com al secundari. En aquest cas se n'ha de preveure el funcionament alternatiu, de manera manual o automàtica.
- 4 En instal·lacions de climatització de piscines la disposició dels elements ha de ser la següent: el filtre s'ha de col·locar sempre entre la bomba i els captadors, i el sentit del corrent ha de ser bomba-filtre-captadors; per evitar que la resistència d'aquest provoqui una sobrepressió perjudicial per als captadors i prestant atenció especial al seu manteniment. La impulsió de l'aigua calenta s'ha de fer per la part inferior de la piscina, i la impulsió d'aigua filtrada ha de quedar en superfície.

**3.3.5.4 Vasos d'expansió**

- 1 Els vasos d'expansió es connecten preferentment a l'aspiració de la bomba. L'altura a la qual s'han de situar els vasos d'expansió oberts ha d'assegurar el no-desbordament del fluid i la no-introducció d'aire al circuit primari.

**3.3.5.5 Purga d'aire**

- 1 Als punts alts de la sortida de bateries de captadors, i a tots els punts de la instal·lació on pugui quedar aire acumulat, s'han de col·locar sistemes de purga constituïts per flascons de desairejament i purgador manual o automàtic. El volum útil del flascol ha de ser superior a 100 cm<sup>3</sup>. Aquest volum es pot disminuir si s'instal·la a la sortida del circuit solar i abans de l'intercanviador un desairejador amb purgador automàtic.
- 2 En cas que s'utilitzin purgadors automàtics, addicionalment s'han de col·locar els dispositius necessaris per a la purga manual.

**3.3.5.6 Drenatge**

- 1 Els conductes de drenatge de les bateries de captadors s'han de dissenyar de manera que no es puguin congelar.

**3.3.6 Sistema d'energia convencional auxiliar**

- 1 Per assegurar la continuïtat en el proveïment de la demanda tèrmica, les instal·lacions d'energia solar han de disposar d'un sistema d'energia convencional auxiliar.
- 2 Queda prohibit l'ús de sistemes d'energia convencional auxiliar en el circuit primari de captadors.
- 3 El sistema convencional auxiliar s'ha de dissenyar per cobrir el servei com si no es disposés del sistema solar. Només ha d'entrar en funcionament quan sigui estrictament necessari i de manera que s'aprofiti el màxim possible l'energia extreta del camp de captació.
- 4 El sistema d'aportació d'energia convencional auxiliar amb acumulació o en línia sempre ha de disposar d'un termòstat de control sobre la temperatura de preparació que en condicions normals de funcionament permeti complir la legislació vigent a cada moment referent a la prevenció i el control de la legionel·losi.
- 5 En cas que el sistema d'energia convencional auxiliar no disposi d'acumulació, és a dir sigui una font instantània, l'equip ha de ser modulador, és a dir, capaç de regular la seva potència de manera que s'obtingui la temperatura de manera permanent independentment de quina sigui la temperatura de l'aigua d'entrada a l'equip esmentat.
- 6 En el cas de climatització de piscines, per al control de la temperatura de l'aigua s'ha de disposar una sonda de temperatura en el retorn d'aigua a l'intercanviador de calor i un termòstat de seguretat dotat de recarregament manual en la impulsió que enclavi el sistema de generació de calor. La temperatura de regulació del termòstat de seguretat ha de ser, com a màxim, 10 °C superior a la temperatura màxima d'impulsió.

### 3.3.7 Sistema de control

- 1 El sistema de control ha d'assegurar el funcionament correcte de les instal·lacions, procurant obtenir un bon aprofitament de l'energia solar captada i assegurant un ús adequat de l'energia auxiliar. El sistema de regulació i control comprèn el control de funcionament dels circuits i els sistemes de protecció i seguretat contra sobreescalfaments, glaçades, etc.
- 2 En circulació forçada, el control de funcionament normal de les bombes del circuit de captadors ha de ser sempre de tipus diferencial i, en cas que hi hagi dipòsit d'acumulació solar, ha d'actuar en funció de la diferència entre la temperatura del fluid portador a la sortida de la bateria dels captadors i la del dipòsit d'acumulació. El sistema de control actua i està ajustat de manera que les bombes no estiguin en marxa quan la diferència de temperatures sigui inferior a 2 °C i no estiguin parades quan la diferència sigui superior a 7 °C. La diferència de temperatures entre els punts d'arrencada i de parada de termòstat diferencial no pot ser inferior a 2 °C.
- 3 Les sondes de temperatura per al control diferencial es col·loquen a la part superior dels captadors de manera que representin la màxima temperatura del circuit de captació. El sensor de temperatura de l'acumulació es col·loca preferentment a la part inferior en una zona no influenciada per la circulació del circuit secundari o per l'escalfament de l'intercanviador si aquest hi és incorporat.
- 4 El sistema de control ha d'assegurar que en cap cas s'assoleixin temperatures superiors a les màximes suportades pels materials, components i tractaments dels circuits.
- 5 El sistema de control ha d'assegurar que en cap punt la temperatura del fluid de treball descendeixi per sota d'una temperatura tres graus superior a la de congelació del fluid.
- 6 Alternativament al control diferencial, es poden emprar sistemes de control accionats en funció de la radiació solar.
- 7 Les instal·lacions amb diverses aplicacions han d'estar dotades d'un sistema individual per seleccionar la posada en funcionament de cadascuna d'elles, complementat amb un altre que reguli l'aportació d'energia a aquesta. Això es pot fer per control de temperatura o cabal actuant sobre una vàlvula de repartiment, de tres vies tot o res, bombes de circulació, o per combinació de diversos mecanismes.

### 3.3.8 Sistema de mesura

- 1 A més dels aparells de mesura de pressió i temperatura que permetin l'operació correcta, per al cas d'instal·lacions superiors a 20 m<sup>2</sup> s'ha de disposar almenys d'un sistema analògic de mesura local i registre de dades que indiqui com a mínim les variables següents:
  - a) temperatura d'entrada aigua freda de xarxa;
  - b) temperatura de sortida acumulador solar;
  - c) cabal d'aigua freda de xarxa.
- 2 El tractament de les dades ha de proporcionar almenys l'energia solar tèrmica acumulada al llarg del temps.

### 3.4 Components

#### 3.4.1 Captadors solars

- 1 Els captadors amb absorbent de ferro no es poden utilitzar en cap concepte.
- 2 Quan s'utilitzin captadors amb absorbent d'alumini, obligatòriament s'han d'utilitzar fluids de treball amb un tractament inhibidor dels ions de coure i ferro.
- 3 El captador ha de portar, preferentment, un orifici de ventilació de diàmetre no inferior a 4 mm situat a la part inferior de manera que es puguin eliminar acumulacions d'aigua al captador. L'orifici s'ha de fer de manera que l'aigua es pugui drenar en la seva totalitat sense afectar l'aïllament.
- 4 S'ha de muntar el captador, entre els diferents tipus existents al mercat, que s'adapti més bé a les característiques i condicions de treball de la instal·lació, seguint sempre les especificacions i recomanacions que dona el fabricant.
- 5 Les característiques òptiques del tractament superficial aplicat a l'absorbidor no han de quedar modificades substancialment en el transcurs del període de vida previst pel fabricant, fins i tot en condicions de temperatures màximes del captador.
- 6 La carcassa del captador ha d'assegurar que a la coberta s'evitin tensions inadmissibles, fins i tot en condicions de temperatura màxima assolible pel captador.
- 7 El captador ha de portar en lloc visible una placa en què constin, com a mínim, les dades següents:
  - a) nom i domicili de l'empresa fabricant, i eventualment el seu anagrama;
  - b) model, tipus, any de producció;
  - c) número de sèrie de fabricació;
  - d) àrea total del captador;
  - e) pes del captador buit, capacitat de líquid;
  - f) pressió màxima de servei.
- 8 Aquesta placa ha d'estar redactada com a mínim en castellà i pot ser impresa o gravada amb la condició que es garanteixi que els caràcters romandran indelebles.

#### 3.4.2 Acumuladors

- 1 Quan l'intercanviador estigui incorporat a l'acumulador, la placa d'identificació ha d'indicar a més, les dades següents:
  - a) superfície d'intercanvi tèrmic en m<sup>2</sup>;
  - b) pressió màxima de treball, del circuit primari.
- 2 Cada acumulador ha de venir equipat de fàbrica amb els maneguets d'acoblament necessaris, soldats abans del tractament de protecció, per a les funcions següents:
  - a) maneguets roscats per a l'entrada d'aigua freda i la sortida d'aigua calenta;
  - b) registre embridat per a inspecció de l'interior de l'acumulador i eventual acoblament del serpentí;
  - c) maneguets roscats per a l'entrada i sortida del fluid primari;
  - d) maneguets roscats per a accessoris com ara termòmetre i termòstat;
  - e) maneguet per al buidatge.
- 3 En qualsevol cas la placa característica de l'acumulador ha d'indicar la pèrdua de càrrega d'aquest.
- 4 Els dipòsits majors de 750 l han de disposar d'un pas d'home amb un diàmetre mínim de 400 mm, fàcilment accessible, situada en un dels laterals de l'acumulador i a prop del terra, que permeti l'entrada d'una persona a l'interior del dipòsit de manera senzilla, sense necessitat de desmuntar tubs ni accessoris;
- 5 L'acumulador ha d'estar completament recobert amb material aïllant i és recomanable disposar una protecció mecànica en xapa pintada al forn, PRFV, o làmina de material plàstica.
- 6 Es poden utilitzar acumuladors de les característiques i tractaments descrits tot seguit:
  - a) acumuladors d'acer vitrificat amb protecció catòdica;
  - b) acumuladors d'acer amb un tractament que assegurï la resistència a temperatura i corrosió amb un sistema de protecció catòdica;
  - c) acumuladors d'acer inoxidable adequat al tipus d'aigua i temperatura de treball.



## Document bàsic HE Estalvi d'energia

- d) acumuladors de coure;
- e) acumuladors no metàl·lics que suportin la temperatura màxima del circuit i n'estigui autoritzada la utilització per part de les companyies de subministrament d'aigua potable;
- f) acumuladors d'acer negre (només en circuits tancats, quan l'aigua de consum pertanyi a un circuit terciari);
- g) els acumuladors s'han d'ubicar en llocs adequats que permetin la seva substitució per envelliment o avaries.

**3.4.3 Intercanviador de calor**

- 1 Qualsevol intercanviador de calor existent entre el circuit de captadors i el sistema de subministrament al consum no hauria de reduir l'eficiència del captador a causa d'un increment en la temperatura de funcionament de captadors.
- 2 Si en una instal·lació a mida només s'empra un intercanviador entre el circuit de captadors i l'acumulador, la transferència de calor de l'intercanviador de calor per unitat d'àrea de captador no hauria de ser inferior a  $40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

**3.4.4 Bombes de circulació**

- 1 Els materials de la bomba del circuit primari han de ser compatibles amb les barreges anticongelants i en general amb el fluid de treball utilitzat.
- 2 Quan les connexions dels captadors són en paral·lel, el cabal nominal ha de ser el mateix cabal unitari de disseny multiplicat per la superfície total de captadors en paral·lel.
- 3 La potència elèctrica paràsita per a la bomba no hauria d'excedir els valors que dona la taula 3.4:

Taula 3.4 Potència elèctrica màxima de la bomba

Sistema	Potència elèctrica de la bomba
<b>Sistema petit</b>	50 W o 2% de la màxima potència calorífica que pugui subministrar el grup de captadors
<b>Sistemes grans</b>	1% de la màxima potència calorífica que pot subministrar el grup de captadors

- 4 La potència màxima de la bomba especificada anteriorment exclou la potència de les bombes dels sistemes de drenatge amb recuperació, que només és necessària per omplir el sistema després d'un drenatge.
- 5 La bomba ha de permetre efectuar de manera simple l'operació de desairejament o purga.

**3.4.5 Canonades**

- 1 A les canonades del circuit primari es poden utilitzar com a materials el coure i l'acer inoxidable, amb unions roscades, soldades o embriades i protecció exterior amb pintura anticorrosiva.
- 2 En el circuit secundari o de servei d'aigua calenta sanitària es pot utilitzar coure i acer inoxidable. Es poden utilitzar materials plàstics que suportin la temperatura màxima del circuit i que li siguin aplicables i n'estigui autoritzada la utilització per part de les companyies de subministrament d'aigua potable.

**3.4.6 Vàlvules**

- 1 L'elecció de les vàlvules s'ha de fer d'acord amb la funció que exerceixin i les condicions extremes de funcionament (pressió i temperatura), seguint preferentment els criteris que s'esmenten a continuació:
  - a) per a aïllament: vàlvules de bola;
  - b) per a equilibratge de circuits: vàlvules d'assentament;
  - c) per a buidatge: vàlvules de bola o de mascle;
  - d) per a ompliment: vàlvules de bola;
  - e) per a purga d'aire: vàlvules de bola o de mascle;
  - f) per a seguretat: vàlvula de ressort;

- g) per a retenció: vàlvules de disc de doble comporta, o de clapeta.
- 2 Les vàlvules de seguretat, per la seva funció important, han de ser capaces de derivar la potència màxima del captador o grup de captadors, fins i tot en forma de vapor, de manera que en cap cas no sobrepassi la màxima pressió de treball del captador o del sistema.

### **3.4.7 Vasos d'expansió**

#### **3.4.7.1 Vasos d'expansió oberts**

- 1 Els vasos d'expansió oberts, quan s'utilitzin com a sistemes d'ompliment o de reompliment, han de disposar d'una línia d'alimentació, mitjançant sistemes tipus flotador o similar.

#### **3.4.7.2 Vasos d'expansió tancats**

- 1 El dispositiu d'expansió tancada del circuit de captadors ha d'estar dimensionat de manera que, fins i tot després d'una interrupció del subministrament de potència a la bomba de circulació del circuit de captadors, just quan la radiació solar sigui màxima, es pugui restablir l'operació automàticament quan la potència estigui disponible de nou.
- 2 Quan el mitjà de transferència de calor es pugui evaporar en condicions d'estancament, s'ha de dur a terme un dimensionament especial del volum d'expansió: a més de dimensionar-lo com és usual en sistemes de calefacció tancats (l'expansió del mitjà de transferència de calor complet), el dipòsit d'expansió ha de ser capaç de compensar el volum del mitjà de transferència de calor a tot el grup de captadors complet, incloent-hi totes les canonades de connexió entre captadors més un 10%.
- 3 L'aïllament no ha de deixar zones visibles de canonades o accessoris, i han de quedar únicament a l'exterior els elements que siguin necessaris per al bon funcionament i l'operació dels components. Els aïllaments utilitzats han de ser resistents als efectes de la intempèrie, ocells i rosegadors.

### **3.4.8 Purgadors**

- 1 S'ha d'evitar l'ús de purgadors automàtics quan es prevegi la formació de vapor al circuit. Els purgadors automàtics han de suportar, almenys, la temperatura d'estancament del captador i en qualsevol cas fins a 130 °C a les zones climàtiques I, II i III, i de 150 °C a les zones climàtiques IV i V.

### **3.4.9 Sistema d'ompliment**

- 1 Els circuits amb vas d'expansió tancat han d'incorporar un sistema d'ompliment manual o automàtic que permeti omplir el circuit i mantenir-lo pressuritzat. En general, és molt recomanable l'adopció d'un sistema d'ompliment automàtic amb la inclusió d'un dipòsit de recàrrega o un altre dispositiu, de manera que mai no s'utilitzi directament un fluid per al circuit primari les característiques del qual incompleixin aquesta secció del Codi tècnic o amb una concentració d'anticongelant més baixa. És obligatori quan, per l'emplaçament de la instal·lació, en alguna època de l'any pugui haver-hi risc de glaçades o quan la font habitual de subministrament d'aigua incompleixi les condicions de pH i puresa que requereix aquesta secció del Codi tècnic.
- 2 En qualsevol cas, mai no es pot omplir el circuit primari amb aigua de xarxa si les seves característiques poden donar lloc a incrustacions, deposicions o atacs al circuit, o si aquest circuit necessita anticongelant per risc de glaçades o qualsevol altre additiu per al seu funcionament correcte.
- 3 Les instal·lacions que requereixin anticongelant han d'incloure un sistema que en permeti l'ompliment manual.
- 4 Per disminuir els riscos de fallades s'han d'evitar les aportacions incontrolades d'aigua de reposició als circuits tancats i l'entrada d'aire que pugui augmentar els riscos de corrosió originats per l'oxigen de l'aire. És aconsellable no usar vàlvules d'ompliment automàtiques.

### **3.4.10 Sistema elèctric i de control**

- 1 La localització i instal·lació dels sensors de temperatura ha d'assegurar un bon contacte tèrmic amb la part en què s'ha de mesurar la temperatura; per aconseguir-ho en el cas de les d'immersió s'han d'instal·lar en contra corrent amb el fluid. Els sensors de temperatura han d'estar aïllats contra la influència de les condicions ambientals que l'envolten.
- 2 La ubicació de les sondes s'ha de fer de manera que aquestes mesurin exactament les temperatures que es vulguin controlar, instal·lant els sensors a l'interior de beines i evitant les canonades separades de la sortida dels captadors i les zones d'estancament als dipòsits.

- 3 Preferentment les sondes han de ser d'immersió. S'ha de tenir cura especial a assegurar una unió adequada entre les sondes de contactes i la superfície metàl·lica.

### 3.5 Càlcul de les pèrdues per orientació i inclinació

#### 3.5.1 Introducció

- L'objecte d'aquest apartat és determinar els límits en l'orientació i inclinació dels mòduls d'acord amb les pèrdues màximes permessibles.
- Les pèrdues per aquest concepte es calculen en funció de:
  - angle d'inclinació,  $\beta$  definit com l'angle que forma la superfície dels mòduls amb el pla horitzontal. El seu valor és 0 per a mòduls horitzontals i 90° per a verticals;
  - angle azimutal,  $\alpha$  definit com l'angle entre la projecció sobre el pla horitzontal de la normal a la superfície del mòdul i el meridià del lloc. Valors típics són 0° per a mòduls orientats cap al sud, -90° per a mòduls orientats a l'est i +90° per a mòduls orientats a l'oest.

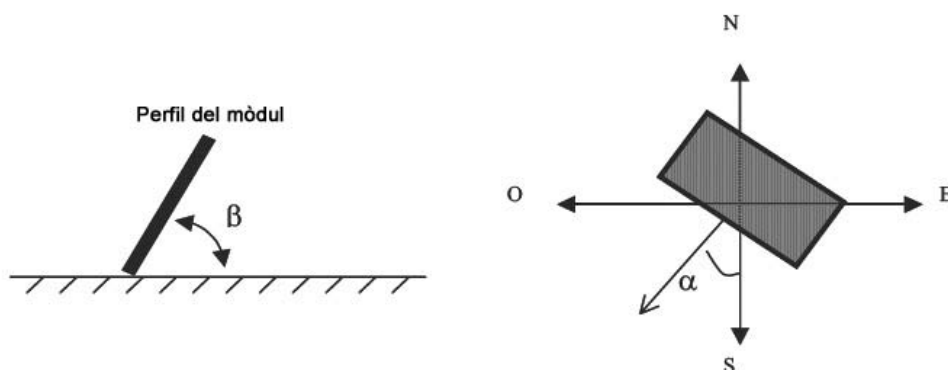


Figura 3.2 Orientació i inclinació dels mòduls

#### 3.5.2 Procediment

- Un cop determinat l'angle azimutal del captador es calculen els límits d'inclinació acceptables d'acord amb les pèrdues màximes respecte a la inclinació òptima que estableix la figura 3.3, vàlida per a una latitud ( $\phi$ ) de 41°, de la manera següent:
  - un cop conegut l'azimut, determinem a la figura 3.3 els límits per a la inclinació en el cas ( $\phi$ ) = 41°. Per al cas general, les pèrdues màximes per aquest concepte són del 10%, per a superposició del 20% i per a integració arquitectònica del 40%. Els punts d'intersecció del límit de pèrdues amb la recta d'azimut ens proporcionen els valors d'inclinació màxima i mínima;
  - si no hi ha intersecció entre totes dues, les pèrdues són superiors a les permesses i la instal·lació està fora dels límits. Si les dues corbes s'intersecten, s'obtenen els valors per a latitud ( $\phi$ ) = 41° i es corregeixen d'acord amb el que s'indica a continuació;
- S'han de corregir els límits d'inclinació acceptables en funció de la diferència entre la latitud del lloc en qüestió i la de 41°, d'acord amb les fórmules següents:
  - inclinació màxima = inclinació ( $\phi$  = 41°) - (41° - latitud);
  - inclinació mínima = inclinació ( $\phi$  = 41°) - (41° - latitud); en què 5° n'és el valor mínim.
- En casos a prop del límit i com a instrument de verificació, s'utilitza la fórmula següent:

$$\text{Pèrdues (\%)} = 100 \cdot \left[ 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{\text{opt}})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \right] \quad \text{per a } 15^\circ < \beta < 90^\circ \quad (3.5)$$

$$\text{Pèrdues (\%)} = 100 \cdot \left[ 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{\text{opt}})^2 \right] \quad \text{per a } \beta \leq 15^\circ \quad (3.6)$$

Nota:  $\alpha$  i  $\beta$  s'expressen en graus sexagesimals.

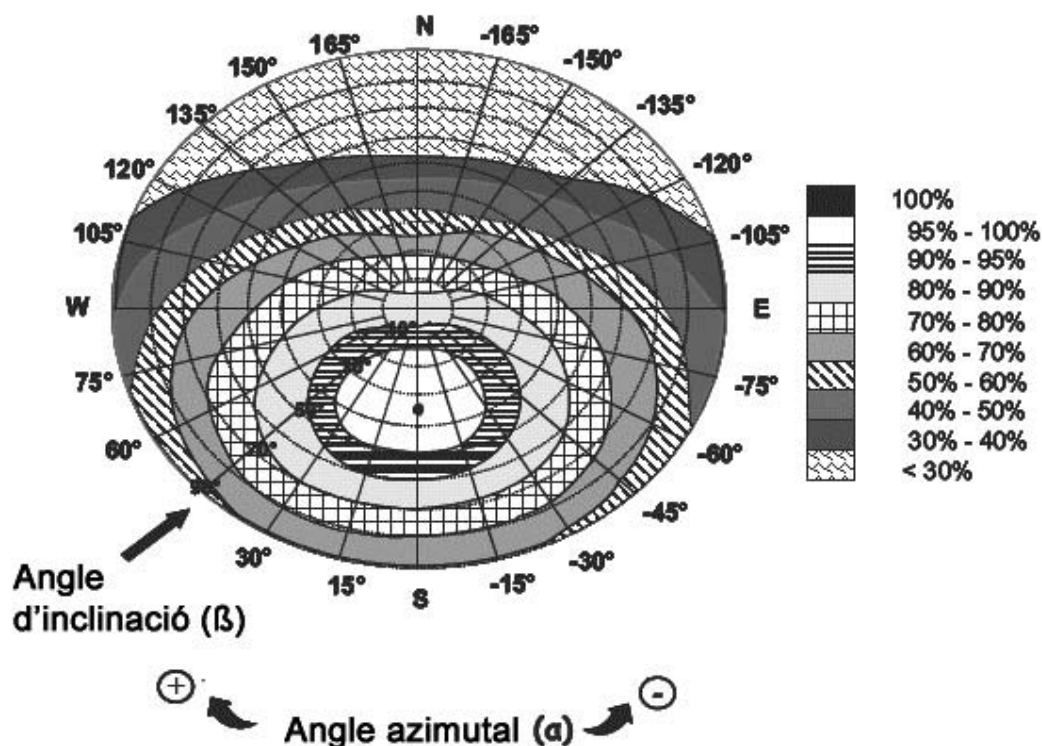


Figura 3.3

Percentatge d'energia respecte al màxim com a conseqüència de les pèrdues per orientació i inclinació.

### 3.6 Càlcul de pèrdues de radiació solar per ombres

#### 3.6.1 Introducció

- 1 Aquest apartat descriu un mètode de càlcul de les pèrdues de radiació solar que experimenta una superfície degudes a ombres circumdants. Aquestes pèrdues s'expressen com a percentatge de la radiació solar global que incidiria sobre la superfície esmentada, si no hi hagués cap ombra.

#### 3.6.2 Procediment

- 1 El procediment consisteix en la comparació del perfil d'obstacles que afecta la superfície d'estudi amb el diagrama de trajectòries del sol. Els passos que s'han de seguir són els següents:
- 2 Localització dels principals obstacles que afecten la superfície, en termes de les seves coordenades de posició azimut (angle de desviació respecte a la direcció sud) i elevació (angle d'inclinació respecte al pla horitzontal). Per a això es pot utilitzar un teodolit.
- 3 Representació del perfil d'obstacles en el diagrama de la figura 3.4, en el qual es mostra la banda de trajectòries del sol al llarg de tot l'any, vàlid per a localitats de la península Ibèrica i Balears (per a les illes Canàries el diagrama s'ha de desplaçar  $12^\circ$  en sentit vertical ascendent). Aquesta banda es troba dividida en porcions, delimitades per les hores solars (negatives abans del migdia solar i positives després d'aquest) i identificades per una lletra i un número (A1, A2, ..., D14).

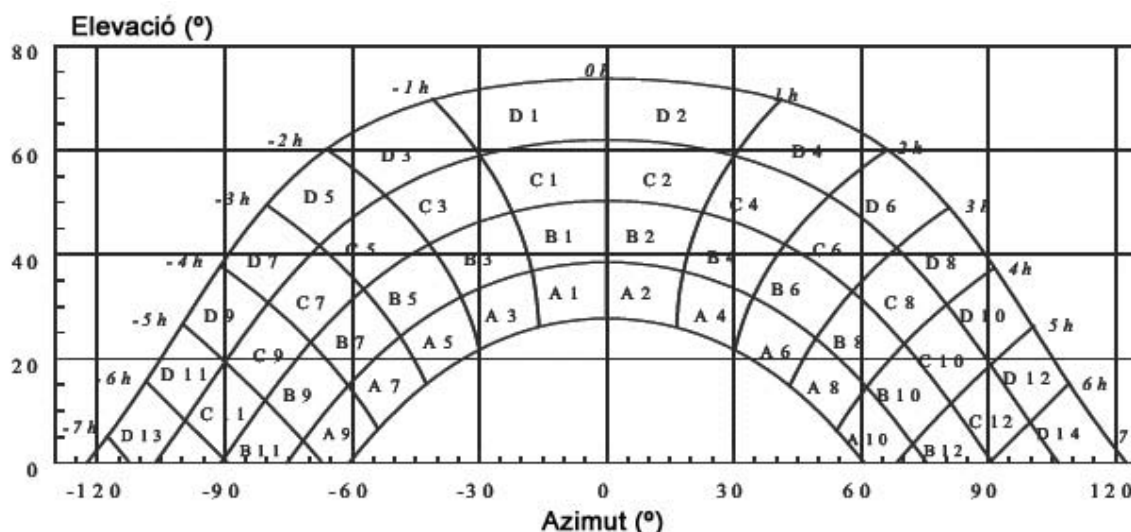


Figura 3.4 Diagrama de trajectòries del sol

Nota: els graus de les dues escales són sexagesimals

- 4 Cadascuna de les porcions de la figura 3.4 representa el recorregut del sol en un cert període de temps (una hora al llarg de diversos dies) i té, per tant, una determinada contribució a l'irradiació solar global anual que incideix sobre la superfície d'estudi. Així, el fet que un obstacle cobreixi una de les porcions suposa una certa pèrdua d'irradiació, en particular la que resulti interceptada per l'obstacle. S'ha d'escollir per al càlcul la taula de referència més adequada entre les que inclou l'annex B.
- 5 La comparació del perfil d'obstacles amb el diagrama de trajectòries del sol permet calcular les pèrdues per ombrejat de la irradiació solar global que incideix sobre la superfície al llarg de tot l'any. Per a això s'han de sumar les contribucions de les porcions que resultin totalment o parcialment ocultes pel perfil d'obstacles representat. En el cas d'ocultació parcial s'utilitza el factor d'ompliment (fracció oculta respecte del total de la porció) més pròxim als valors: 0,25, 0,50, 0,75 o 1.

### 3.6.3 Taules de referència

- 1 Les taules que inclou aquesta secció es refereixen a diferents superfícies caracteritzades pels seus angles d'inclinació i orientació ( $\beta$  i  $\alpha$ , respectivament). S'ha d'escollir la que resulti més semblant a la superfície en estudi. Els números que figuren a cada casella corresponen al percentatge d'irradiació solar global anual que es perdria si la porció corresponent resultés interceptada per un obstacle.

## 4 Manteniment

- 1 Sens perjudici de les operacions de manteniment derivades d'altres normatives, per englobar totes les operacions necessàries durant la vida de la instal·lació per assegurar-ne el funcionament, augmentar-ne la fiabilitat i prolongar-ne la durada, es defineixen dos esglaons complementaris d'actuació:
  - a) pla de vigilància;
  - b) pla de manteniment preventiu.

### 4.1 Pla de vigilància

- 1 El pla de vigilància es refereix bàsicament a les operacions que permeten assegurar que els valors operacionals de la instal·lació siguin correctes. És un pla d'observació simple dels paràmetres funcionals principals, per verificar el funcionament correcte de la instal·lació. Ha de tenir l'abast que descriu la taula 4.1:

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

Taula 4.1

Element de la instal·lació	Operació	Freqüència (mesos)	Descripció
CAPTADORS	Neteja de vidres	Per determinar	Amb aigua i productes adequats.
	Vidres	3	IV condensacions a les hores centrals del dia.
	Juntes	3	IV clivellaments i deformacions.
	Absorbidor	3	IV corrosió, deformació, fuites, etc.
	Connexions	3	IV fuites.
CIRCUIT PRIMARI	Estructura	3	IV degradació, indicis de corrosió.
	Canonada, aïllament i sistema d'ompliment	6	IV absència d'humitat i fuites.
	Purgador manual	3	Buidar l'aire del flascó.
CIRCUIT SECUNDARI	Termòmetre	Diària	IV temperatura
	Canonada i aïllament	6	IV absència d'humitat i fuites.
	Acumulador solar	3	Purga de l'acumulació de fang de la part inferior del dipòsit.

(1) IV: inspecció visual

## 4.2 Pla de manteniment

- Són operacions d'inspecció visual, verificació d'actuacions i altres, que aplicats a la instal·lació han de permetre mantenir dins de límits acceptables les condicions de funcionament, prestacions, protecció i durabilitat de la instal·lació.
- El manteniment implica, com a mínim, una revisió anual de la instal·lació per a instal·lacions amb superfície de captació inferior a 20 m<sup>2</sup> i una revisió cada sis mesos per a instal·lacions amb superfície de captació superior a 20 m<sup>2</sup>.
- El pla de manteniment l'ha de dur a terme personal tècnic competent que conegui la tecnologia solar tèrmica i les instal·lacions mecàniques en general. La instal·lació ha de tenir un llibre de manteniment en què es reflecteixin totes les operacions realitzades, així com el manteniment correctiu.
- El manteniment ha d'incloure totes les operacions de manteniment i substitució d'elements fungibles o desgastats per l'ús, necessàries per assegurar que el sistema funcioni correctament durant la seva vida útil.
- A continuació es desenvolupen de manera detallada les operacions de manteniment que s'han de dur a terme a les instal·lacions d'energia solar tèrmica per a producció d'aigua calenta, la periodicitat mínima establerta (en mesos) i observacions amb relació a les prevencions que s'ha d'observar.

Taula 4.2 Sistema de captació

Equipament	Freqüència (mesos)	Descripció
Captadors	6	IV diferències sobre original. IV diferències entre captadors.
Vidres	6	IV condensacions i brutícia
Juntes	6	IV clivellaments, deformacions
Absorbidor	6	IV corrosió, deformacions
Carcassa	6	IV deformació, oscil·lacions, finestres de respiració
Connexions	6	IV aparició de fuites
Estructura	6	IV degradació, indicis de corrosió, i estrenyiment de cargols
Captadors*	12	Tapament parcial del camp de captadors
Captadors*	12	Destapament parcial del camp de captadors
Captadors*	12	Buidatge parcial del camp de captadors
Captadors*	12	Ompliment parcial del camp de captadors

\* Operacions que s'han de realitzar en cas d'optar per les mesures b) o c) de l'apartat 2.1.

(1) IV: inspecció visual

Taula 4.3 Sistema d'acumulació

Equipament	Freqüència (mesos)	Descripció
Dipòsit	12	Presència de fang al fons
Ànodes sacríficis	12	Comprovació del desgast
Ànodes de corrent imprès	12	Comprovació del bon funcionament
Aïllament	12	Comprovar que no hi ha humitat

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

Taula 4.4 Sistema d'intercanvi

Equipament	Freqüència (mesos)	Descripció
Intercanviador de plaques	12	CF eficiència i prestacions
	12	Neteja
Intercanviador de serpentí	12	CF eficiència i prestacions
	12	Neteja

<sup>(1)</sup> CF: control de funcionament

Taula 4.5 Circuit hidràulic

Equipament	Freqüència (mesos)	Descripció
Fluid refrigerant	12	Comprovar-ne la densitat i el pH
Estanquitat	24	Efectuar prova de pressió
Aïllament a l'exterior	6	IV degradació protecció unions i absència d'humitat
Aïllament a l'interior	12	IV unions i absència d'humitat
Purgador automàtic	12	CF i neteja
Purgador manual	6	Buidar l'aire del flascó
Bomba	12	Estanquitat
Vas d'expansió tancat	6	Comprovació de la pressió
Vas d'expansió obert	6	Comprovació del nivell
Sistema d'ompliment	6	CF actuació
Vàlvula de tall	12	CF actuacions (obrir i tancar) per evitar gripatge
Vàlvula de seguretat	12	CF actuació

<sup>(1)</sup> IV: inspecció visual

<sup>(2)</sup> CF: control de funcionament

Taula 4.6 Sistema elèctric i de control

Equipament	Freqüència (mesos)	Descripció
Quadre elèctric	12	Comprovar que està sempre ben tancat perquè no hi entri pols
Control diferencial	12	CF actuació
Termòstat	12	CF actuació
Verificació del sistema de mesura	12	CF actuació

<sup>(1)</sup> CF: control de funcionament

Taula 4.7 Sistema d'energia auxiliar

Equipament	Freqüència (mesos)	Descripció
Sistema auxiliar	12	CF actuació
Sondes de temperatura	12	CF actuació

<sup>(1)</sup> CF: control de funcionament

Nota: Per a les instal·lacions menors de 20 m<sup>2</sup> s'han de fer conjuntament en la inspecció anual les tasques del pla de manteniment que tenen una freqüència de 6 i 12 mesos.

No s'inclouen els treballs propis del manteniment del sistema auxiliar.

## Apèndix A Terminologia

**Absorbidor:** component d'un captador solar la funció del qual és absorbir l'energia radiant i transferir-la en forma de calor a un fluid.

**Captador solar tèrmic:** dispositiu dissenyat per absorbir la radiació solar i transmetre l'energia tèrmica així produïda a un fluid de treball que circula pel seu interior.

**Carcassa:** és el component del captador que forma la seva superfície exterior, fixa la coberta, conté i protegeix els components restants del col·lector i en suporta els ancoratges.

**Circuit primari:** circuit del qual formen part els captadors i les canonades que els uneixen, en el qual el fluid recull l'energia solar i la transmet.

**Circuit secundari:** circuit en el qual es recull l'energia transferida del circuit primari per ser distribuïda als punts de consum.

**Circuit de consum:** circuit pel qual circula aigua de consum.

**Circulació natural:** quan el moviment del fluid entre els captadors i l'intercanviador del dipòsit d'acumulació es fa per convecció i no de manera forçada.

**Dipòsits solars connectats en sèrie invertida:** dipòsits connectats de manera que el sentit de circulació de l'aigua de consum és contrari al sentit de circulació d'escalfament de l'aigua solar.

**Dipòsits solars connectats en paral·lel amb el circuit secundari equilibrat:** dipòsits connectats en paral·lel de manera que el sentit de circulació de l'aigua de consum és contrari al sentit de circulació d'escalfament de l'aigua solar.

**Elements d'ombrejat:** quan els captadors protegeixen la construcció arquitectònica de la sobrecàrrega tèrmica causada pels rajos solars, i proporcionen ombres a la teulada o a la façana d'aquest.

**Integració arquitectònica dels captadors:** quan els captadors compleixen una doble funció, energètica i arquitectònica (revestiment, tancament o ombrejat) i, a més, substitueixen elements constructius convencionals o són elements constituents de la composició arquitectònica.

**Irradiància solar:** potència radiant incident per unitat de superfície sobre un pla donat. S'expressa en  $\text{kW/m}^2$ .

**Irradiació solar:** energia incident per unitat de superfície sobre un pla donat, obtinguda per integració de la irradiància durant un interval de temps donat, normalment una hora o un dia. Es mesura en  $\text{kWh/m}^2$ .

**Pèrdues per orientació:** quantitat d'irradiació solar no aprofitada pel sistema captador a conseqüència de no tenir l'orientació òptima.

**Pèrdues per inclinació:** quantitat d'irradiació solar no aprofitada pel sistema captador a conseqüència de no tenir la inclinació òptima.

**Pèrdues per ombres:** quantitat d'irradiació solar no aprofitada pel sistema captador a conseqüència de l'existència d'ombres sobre aquest en algun moment del dia.

**Radiació solar:** és l'energia procedent del sol en forma d'ones electromagnètiques.



---

**Document bàsic HE Estalvi d'energia**

---

**Radiació solar global mitjana diària anual:** és l'energia procedent del sol que arriba a una determinada superfície (global), prenent el valor anual com a suma de valors mitjans diaris.

**Revestiment:** quan els captadors constitueixen part de l'envoltant d'una construcció arquitectònica.

**Superposició de captadors:** quan els captadors es col·loquen paral·lels a l'envoltant de l'edifici sense la doble funcionalitat definida en la integració arquitectònica. No obstant això, no es consideren els mòduls horitzontals.

**Tancament:** funció que fan els captadors quan constitueixen la teulada o la façana de la construcció arquitectònica, que ha de garantir l'estanquitat i l'aïllament tèrmic adequats.

**Temperatura d'estancament del captador:** correspon a la màxima temperatura del fluid que s'obté quan, un cop sotmès el captador a alts nivells de radiació i temperatura ambient i amb una velocitat del vent negligible, no hi ha circulació en el captador i s'assoleixen condicions quasiestacionàries.

## Apèndix B Taules de referència

Taula B.1

	$\beta=35^\circ ; \alpha=0^\circ$				$\beta=0^\circ ; \alpha=0^\circ$				$\beta=90^\circ ; \alpha=0^\circ$				$\beta=35^\circ ; \alpha=30^\circ$			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,10
11	0,00	0,01	0,12	0,44	0,00	0,01	0,18	1,05	0,00	0,01	0,02	0,15	0,00	0,00	0,03	0,06
9	0,13	0,41	0,62	1,49	0,05	0,32	0,70	2,23	0,23	0,50	0,37	0,10	0,02	0,10	0,19	0,56
7	1,00	0,95	1,27	2,76	0,52	0,77	1,32	3,56	1,66	1,06	0,93	0,78	0,54	0,55	0,78	1,80
5	1,84	1,50	1,83	3,87	1,11	1,26	1,85	4,66	2,76	1,62	1,43	1,68	1,32	1,12	1,40	3,06
3	2,70	1,88	2,21	4,67	1,75	1,60	2,20	5,44	3,83	2,00	1,77	2,36	2,24	1,60	1,92	4,14
1	3,17	2,12	2,43	5,04	2,10	1,81	2,40	5,78	4,36	2,23	1,98	2,69	2,89	1,98	2,31	4,87
2	3,17	2,12	2,33	4,99	2,11	1,80	2,30	5,73	4,40	2,23	1,91	2,66	3,16	2,15	2,40	5,20
4	2,70	1,89	2,01	4,46	1,75	1,61	2,00	5,19	3,82	2,01	1,62	2,26	2,93	2,08	2,23	5,02
6	1,79	1,51	1,65	3,63	1,09	1,26	1,65	4,37	2,68	1,62	1,30	1,58	2,14	1,82	2,00	4,46
8	0,98	0,99	1,08	2,55	0,51	0,82	1,11	3,28	1,62	1,09	0,79	0,74	1,33	1,36	1,48	3,54
10	0,11	0,42	0,52	1,33	0,05	0,33	0,57	1,98	0,19	0,49	0,32	0,10	0,18	0,71	0,88	2,26
12	0,00	0,02	0,10	0,40	0,00	0,02	0,15	0,96	0,00	0,02	0,02	0,13	0,00	0,06	0,32	1,17
14	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,22

Taula B.2

	$\beta=90^\circ ; \alpha=30^\circ$				$\beta=35^\circ ; \alpha=60^\circ$				$\beta=90^\circ ; \alpha=60^\circ$				$\beta=35^\circ ; \alpha=-30^\circ$			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
13	0,10	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,43	0,00	0,00	0,00	0,22
11	0,06	0,01	0,15	0,51	0,00	0,00	0,08	0,16	0,00	0,01	0,27	0,78	0,00	0,03	0,37	1,26
9	0,56	0,06	0,14	0,43	0,02	0,04	0,04	0,02	0,09	0,21	0,33	0,76	0,21	0,70	1,05	2,50
7	1,80	0,04	0,07	0,31	0,02	0,13	0,31	1,02	0,21	0,18	0,27	0,70	1,34	1,28	1,73	3,79
5	3,06	0,55	0,22	0,11	0,64	0,68	0,97	2,39	0,10	0,11	0,21	0,52	2,17	1,79	2,21	4,70
3	4,14	1,16	0,87	0,67	1,55	1,24	1,59	3,70	0,45	0,03	0,05	0,25	2,90	2,05	2,43	5,20
1	4,87	1,73	1,49	1,86	2,35	1,74	2,12	4,73	1,73	0,80	0,62	0,55	3,12	2,13	2,47	5,20
2	5,20	2,15	1,88	2,79	2,85	2,05	2,38	5,40	2,91	1,56	1,42	2,26	2,88	1,96	2,19	4,77
4	5,02	2,34	2,02	3,29	2,86	2,14	2,37	5,53	3,59	2,13	1,97	3,60	2,22	1,60	1,73	3,91
6	4,46	2,28	2,05	3,36	2,24	2,00	2,27	5,25	3,35	2,43	2,37	4,45	1,27	1,11	1,25	2,84
8	3,54	1,92	1,71	2,98	1,51	1,61	1,81	4,49	2,67	2,35	2,28	4,65	0,52	0,57	0,65	1,64
10	2,26	1,19	1,19	2,12	0,23	0,94	1,20	3,18	0,47	1,64	1,82	3,95	0,02	0,10	0,15	0,50
12	1,17	0,12	0,53	1,22	0,00	0,09	0,52	1,96	0,00	0,19	0,97	2,93	0,00	0,00	0,03	0,05
14	0,22	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,08

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

Taula B.3

	$\beta=90^\circ ; \alpha=-30^\circ$				$\beta=35^\circ ; \alpha=-60^\circ$				$\beta=90^\circ ; \alpha=-60^\circ$			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
<b>13</b>	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	1,01
<b>11</b>	0,00	0,05	0,60	1,28	0,00	0,04	0,60	2,09	0,00	0,08	1,10	3,08
<b>9</b>	0,43	1,17	1,38	2,30	0,27	0,91	1,42	3,49	0,55	1,60	2,11	4,28
<b>7</b>	2,42	1,82	1,98	3,15	1,51	1,51	2,10	4,76	2,66	2,19	2,61	4,89
<b>5</b>	3,43	2,24	2,24	3,51	2,25	1,95	2,48	5,48	3,36	2,37	2,56	4,61
<b>3</b>	4,12	2,29	2,18	3,38	2,80	2,08	2,56	5,68	3,49	2,06	2,10	3,67
<b>1</b>	4,05	2,11	1,93	2,77	2,78	2,01	2,43	5,34	2,81	1,52	1,44	2,22
<b>2</b>	3,45	1,71	1,41	1,81	2,32	1,70	2,00	4,59	1,69	0,78	0,58	0,53
<b>4</b>	2,43	1,14	0,79	0,64	1,52	1,22	1,42	3,46	0,44	0,03	0,05	0,24
<b>6</b>	1,24	0,54	0,20	0,11	0,62	0,67	0,85	2,20	0,10	0,13	0,19	0,48
<b>8</b>	0,40	0,03	0,06	0,31	0,02	0,14	0,26	0,92	0,22	0,18	0,26	0,69
<b>10</b>	0,01	0,06	0,12	0,39	0,02	0,04	0,03	0,02	0,08	0,21	0,28	0,68
<b>12</b>	0,00	0,01	0,13	0,45	0,00	0,01	0,07	0,14	0,00	0,02	0,24	0,67
<b>14</b>	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,36

## Apèndix C Normes de referència

**Reial decret 1751/1998**, de 31 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament d'instal·lacions tèrmiques als edificis (RITE) i les seves Instruccions tècniques complementàries (ITE) i es crea la Comissió Assessora per a les Instal·lacions Tèrmiques dels Edificis.

**Reial decret 1244/1979**, de 4 d'abril, pel qual s'aprova el Reglament d'aparells a pressió RAP.

Modificat pel Reial decret 507/1982, de 15 de gener de 1982, pel qual es modifica el Reglament d'aparells a pressió aprovat pel RD 1244/1979, de 4 d'abril de 1979, i pel Reial decret 1504/1990, pel qual es modifiquen determinats articles del RAP.

**Reial decret 842/2002**, de 2 d'agost, pel qual s'aprova el Reglament electrotècnic per a baixa tensió.

**Reial decret 865/2003**, de 4 de juliol, pel qual s'estableixen els criteris higienicosanitaris per a prevenció i control de la legionel·losi.

**Llei 38/1972** de protecció de l'ambient atmosfèric, de 22 de desembre. Modificada per Llei 16/2002, d'1 de juliol, de prevenció i control integrats de la contaminació.

**UNE-EN 12975-1:2001** "Sistemes solars tèrmics i components — Captadors solars — Part 1: Requisits generals"

**UNE-EN 12975-2:2002** "Sistemes solars tèrmics i components — Captadors solars — Part 2: Mètodes d'assaig".

**UNE-EN 12976-1:2001** "Sistemes solars tèrmics i components — Sistemes solars prefabricats — Part 1: Requisits generals"

**UNE-EN 12976-2:2001** "Sistemes solars tèrmics i components — Sistemes solars prefabricats — Part 2: Mètodes d'assaig".

**UNE-EN 12977-1:2002** "Sistemes solars tèrmics i components — Sistemes solars a mida — Part 1: Requisits generals"

**UNE-EN 12977-2:2002** "Sistemes solars tèrmics i components — Sistemes solars a mida — Part 2: Mètodes d'assaig"

**UNE-EN 806-1:2001** "Especificacions per a instal·lacions de conducció d'aigua destinada al consum humà a l'interior d'edificis. Part 1: Generalitats"

**UNE-EN 1717:2001** "Protecció contra la contaminació de l'aigua potable a les instal·lacions d'aigües i requisits generals dels dispositius per evitar la contaminació per reflux".

**UNE-EN 60335-1:1997** "Seguretat dels aparells electrodomèstics i anàlegs. Part 1: Requisits generals"

**UNE-EN 60335-2-21:2001** "Seguretat dels aparells electrodomèstics i anàlegs. Part 2: Requisits particulars per als termos elèctrics"

**UNE-EN ISO 9488:2001** "Energia solar. Vocabulari"

**UNE-EN 94 002: 2004** "Instal·lacions solars tèrmiques per a producció d'aigua calenta sanitària: càlcul de la demanda d'energia tèrmica".

## Secció HE 5

### Contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica

## 1 Generalitats

### 1.1 Àmbit d'aplicació

- 1 Els edificis dels usos indicats, als efectes d'aquesta secció, a la taula 1.1 han d'incorporar sistemes de captació i transformació d'energia solar per procediments fotovoltaics quan superin els límits aplicables que estableix la taula esmentada.

Taula 1.1 Àmbit d'aplicació

Tipus d'ús	Límit aplicable
Hipermercat	5.000 m <sup>2</sup> construïts
Multibotiga i centres d'oci	3.000 m <sup>2</sup> construïts
Nau d'emmagatzematge	10.000 m <sup>2</sup> construïts
Administratius	4.000 m <sup>2</sup> construïts
Hotels i hostals	100 places
Hospitals i clíniques	100 llits
Pavellons de recintes firals	10.000 m <sup>2</sup> construïts

- 2 La potència elèctrica mínima determinada en aplicació d'exigència bàsica que desplega aquesta secció es pot disminuir o suprimir justificadament en els casos següents:
- quan es cobreixi la producció elèctrica estimada que correspondria a la potència mínima mitjançant l'aprofitament d'altres fonts d'energies renovables;
  - quan l'emplaçament no disposi de prou accés al sol per barreres externes a aquest i no s'hi puguin aplicar solucions alternatives;
  - en rehabilitació d'edificis, quan hi hagi limitacions no solucionables derivades de la configuració prèvia de l'edifici existent o de la normativa urbanística aplicable;
  - en edificis de nova planta, quan hi hagi limitacions no solucionables derivades de la normativa urbanística aplicable que impossibilitin de manera evident la disposició de la superfície de captació necessària;
  - quan així ho determini l'òrgan competent que hagi de dictaminar en matèria de protecció historicoartística.
- 3 En edificis per als quals siguin aplicables els apartats b), c) i d) s'ha de justificar en el projecte la inclusió de mesures o elements alternatius que produeixin un estalvi elèctric equivalent a la producció que s'obtingria amb la instal·lació solar mitjançant millores en instal·lacions consumidores d'energia elèctrica com ara la il·luminació, regulació de motors o equipaments més eficients.

### 1.2 Procediment de verificació

- 1 Per a l'aplicació d'aquesta secció s'ha de seguir la seqüència que s'exposa a continuació:
- Càlcul de la potència que s'ha d'instal·lar en funció de la zona climàtica d'acord amb el que estableix l'apartat 2.2;
  - Comprovació que les pèrdues degudes a l'orientació i inclinació de les plaques i a les ombres sobre aquestes no superin els límits que estableix la taula 2.2;

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

- c) Compliment de les condicions de càlcul i dimensionament de l'apartat 3;
- d) Compliment de les condicions de manteniment de l'apartat 4.

## 2 Caracterització i quantificació de les exigències

### 2.1 Potència elèctrica mínima

- 1 Les potències elèctriques que es recullen tenen el caràcter de mínimes i es poden ampliar o bé voluntàriament per part del promotor o com a conseqüència de disposicions dictades per les administracions competents.

### 2.2 Determinació de la potència que s'ha d'instal·lar

- 1 La potència pic que s'ha d'instal·lar es calcula mitjançant la fórmula següent:

$$P = C \cdot (A \cdot S + B) \quad (2.1)$$

on:

- P és la potència pic que s'ha d'instal·lar [kWp];
- A i B són els coeficients que defineix la taula 2.1 en funció de l'ús de l'edifici;
- C és el coeficient que defineix la taula 2.2 segons la zona climàtica que estableix l'apartat 3.1;
- S és la superfície construïda de l'edifici [m<sup>2</sup>].

Taula 2.1 Coeficients d'ús

Tipus d'ús	A	B
Hipermercat	0,001875	-3,13
Multibotiga i centres d'oci	0,004688	-7,81
Nau d'emmagatzematge	0,001406	-7,81
Administratiu	0,001223	1,36
Hotels i hostals	0,003516	-7,81
Hospitals i clíniques privades	0,000740	3,29
Pavellons de recintes firals	0,001406	-7,81

Taula 2.2 Coeficient climàtic

Zona climàtica	C
I	1
II	1,1
III	1,2
IV	1,3
V	1,4

- 2 En qualsevol cas, la potència pic mínima per instal·lar és de 6,25 kWp. L'ondulador ha de tenir una potència mínima de 5 kW.
- 3 La superfície S que s'ha de considerar per al cas d'edificis executats dins d'un mateix recinte és:
  - a) en cas que es destinin a un mateix ús, la suma de la superfície de tots els edificis del recinte;
  - b) en cas de diferents usos dels que estableix la taula 1.1, dins d'un mateix edifici o recinte, s'aplica a les superfícies construïdes corresponents l'expressió 2.1 encara que aquestes siguin inferiors al límit aplicable que indica la taula 1.1. La potència pic mínima per instal·lar és la suma de les potències pics de cada ús, sempre que resultin positives. Perquè sigui obligatòria aquesta exigència, la potència resultant ha de ser superior a 6,25 kWp.

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

- 4 La disposició dels mòduls s'ha de fer de manera que les pèrdues degudes a l'orientació i inclinació del sistema i a les ombres sobre aquest siguin inferiors als límits de la taula 2.2.

Taula 2.2 Pèrdues límit

Cas	Orientació i inclinació	Ombres	Total
General	10%	10%	15%
Superposició	20%	15%	30%
Integració arquitectònica	40%	20%	50%

- 5 A la taula 2.2 es consideren tres casos: general, superposició de mòduls i integració arquitectònica. Es considera que hi ha integració arquitectònica quan els mòduls compleixen una doble funció energètica i arquitectònica i a més substitueixen elements constructius convencionals o són elements constituents de la composició arquitectònica. Es considera que hi ha superposició arquitectònica quan la col·locació dels captadors es fa paral·lela a l'envoltant de l'edifici, i no s'accepta en aquest concepte la disposició horitzontal amb l'objectiu d'afavorir l'autoneteja dels mòduls. Una regla fonamental que s'ha de seguir per aconseguir la integració o superposició de les instal·lacions solars és mantenir, sempre que sigui possible, l'alineació amb els eixos principals de l'edificació.
- 6 En tots els casos s'han de complir les tres condicions: pèrdues per orientació i inclinació, pèrdues per ombrejat i pèrdues totals inferiors als límits estipulats respecte als valors obtinguts amb orientació i inclinació òptims i sense cap ombra. Es considera orientació òptima el sud i la inclinació òptima, la latitud del lloc menys 10°.
- 7 Sense excepcions, s'han d'avaluar les pèrdues per orientació i inclinació i ombres del sistema generador d'acord amb el que estipulen els apartats 3.3 i 3.4. Quan, per raons arquitectòniques excepcionals, no es pugui instal·lar tota la potència exigida complint els requisits que indica la taula 2.2, s'ha de justificar aquesta impossibilitat analitzant les diferents alternatives de configuració de l'edifici i d'ubicació de la instal·lació, i s'ha d'optar per la solució que més s'aproximi a les condicions de màxima producció.

### 3 Càlcul

#### 3.1 Zones climàtiques

- 1 A la taula 3.1 i a la figura 3.1 es marquen els límits de zones homogènies als efectes de l'exigència. Les zones s'han definit tenint en compte la radiació solar global mitjana diària anual sobre superfície horitzontal (H), prenent els intervals que es detallen per a cadascuna de les zones.

Taula 3.1 Radiació solar global

Zona climàtica	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

## Document bàsic HE Estalvi d'energia



Figura 3.1 Zones climàtiques



## Document bàsic HE Estalvi d'energia

Taula 3.2 Zones climàtiques

A CORUNYA	Arteixo	I	Cerdanyola Vallès	del	II	Rota	V	
	Carballo	I	Cornellà Llobregat	de	II	San Fernando	IV	
	A Coruña	I	Gavà		II	San Roque	IV	
	Ferrol	I	Granollers		III	Sanlúcar Barrameda	de V	
	Naron	I	L'Hospitalet Llobregat	de	II	CANTÀBRIA	Camargo	I
	Oleiros	I	Igualada		III		Santander	I
	Riveira	I	Manresa		III		Torrelavega	I
	Santiago de Compostel·la	de I	El Masnou		II	CASTELLÓ DE LA PLANA	Borriana	IV
ÀLABA	Vitòria-Gasteiz	I	Mataró		II		Castelló de la Plana	IV
ALBACETE	Albacete	V	Mollet del Vallès		II		La Vall d'Uixó	IV
	Almansa	V	Montcada i Reixac		II		Vila-real	IV
	Hellín	V	El Prat de Llobregat	de	II	CEUTA	Vinaròs	IV
	Villarrobledo	IV	Premià de mar		II		Ceuta	V
ALACANT	Alcoi	IV	Ripollet		II	CIUDAD REAL	Alcàzar de San Juan	IV
	Alacant	V	Rubí		II		Ciudad Real	IV
	Benidorm	IV	Sabadell		III		Puertollano	IV
	Crevillent	V	Sant Adrià de Vilatorrada	de	II		Tomelloso	IV
	Dénia	IV	Sant Boi de Llobregat	de	II	CÓRDOVA	Valdepeñas	IV
	Elx	V	Sant Cugat del Vallès	del	II		Baena	V
	Elda	IV	Sant Feliu de Llobregat	de	II		Cabra	V
	Ibi	IV	Sant Joan Despí		II		Còrdova	IV
	Xàbia	IV	Sant Pere de Ribes		II		Lucena	V
	Novelda	IV	Sant Vicenç dels Horts		II		Montilla	V
	Oriola	IV	Santa Coloma de Gramenet	de	II		Priego de Còrdova	V
	Petrer	IV	Terrassa		III		Puerto Genil	V
	San Vicent del Raspeig	de V	Vic		III	CONCA	Conca	III
	Torrevel·la	V	Viladecans		II	GIRONA	Blanes	III
	Vila Joiosa	IV	Vilafranca del Penedès	del	II		Figueres	III
	Villena	IV	Vilanova i la Geltrú		II		Girona	III
ALMERIA	Adra	V	BURGOS	Aranda de Duero	II		Olot	III
	Almeria	V		Burgos	II		Salt	III
	El Ejido	V	CÁCERES	Càceres	V	GRANADA	Almuñécar	IV
	Roquetas de mar	V		Plasència	V		Baza	V
ASTÚRIES	Avilés	I		Miranda de Ebro	II		Granada	IV
	Castrillón	I	CADIS	Algesires	IV		Guadix	IV
	Gijón	I		Arcos de la Frontera	V		Loja	IV
	Langreo	I		Barbate	IV	GUADALAJARA	Motril	V
	Mieres	I		Cadix	IV		Guadalajara	IV
	Oviedo	I		Chiclana de la Frontera	IV	GUIPÚSCOA	Arrasate Mondragón	o I
	San Martín del Rey Aurelio	I		Jerez de la Frontera	V		Donostia-Sant Sebastià	I
	Siero	I		La Línea de la Concepción	IV		Éibar	I
ÀVILA	Àvila	IV		El Puerto de Santa María	IV		Errenteria	I
BADAJOS	Almendralejo	V		Puerto Real	IV		Irun	I
	Badajoz	V	CADIS		IV	HUELVA	Huelva	V
	Don Benito	V			IV	OSCA	Osca	III
	Mèrida	V			IV	ILLES BALEARS	Calvià	IV
	Villanueva de la Serena	de la V			IV		Ciutadella de Menorca	de IV
BARCELONA	Badalona	II			IV		Eivissa	IV
	Barbera del Vallès	II			IV		Inca	IV
	Barcelona	II			IV			
	Castelldefels	II			IV			

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

	Llucmajor	IV	MÀLAGA	Antequera	IV	Écija	V	
	Maó	IV		Benalmádena	IV	Lebrija	V	
	Manacor	IV		Estepona	IV	Mairena del	V	
	Palma de Mallorca	IV		Fuengirola	IV	Morón de la	V	
	Santa Eulàlia del Riu	IV		Málaga	IV	Frontera	V	
JAÉN	Alcalá la Real	IV		Marbella	IV	Los Palacios y	V	
	Andújar	V		Mijas	IV	Villafranca	V	
	Jaén	IV		Rincón de la	IV	La Rinconada	V	
	Linares	V		Ronda	IV	San Juan de	V	
	Martos	IV		Torremolinos	IV	Aznalfarache	V	
	Úbeda	V		Vélez-Málaga	IV	Sevilla	V	
LA RIOJA	Logronyo	II	MELILLA	Melilla	V	Utrera	V	
LAS PALMAS	Arrecife	V	MÚRCIA	Águilas	V	SÒRIA	Sòria	III
	Arucas	V		Alcantarilla	IV	TARRAGONA	Reus	IV
	Gáldar	V		Caravaca de la	V		Tarragona	III
	Ingenio	V		Cartagena	IV		Tortosa	IV
	Las Palmas de Gran Canaria	V		Cieza	V		Valls	IV
	San Bartolomé de Tirajana	V		Jumilla	V	TEROL	El Vendrell	III
	Santa Lucía	V		Lorca	V	TOLEDO	Terol	III
	Telde	V		Molina de Segura	V		Talavera de la	IV
LLEÓ	Lleó	III		Múrcia	IV		Reina	IV
	Ponferrada	II		Torre-Pacheco	IV	VALÈNCIA	Toledo	IV
	San Andrés del Rabanedo	III	NAVARRA	Totana	V		Alaquas	IV
LUGO	Lugo	II		lecla	V		Aldaia	IV
LLEIDA	Lleida	III		Barañain	II		Algemesí	IV
MADRID	Alcalá de Henares	IV		Pamplona	II		Alzira	IV
	Alcobendas	IV		Tudela	III		Burjassot	IV
	Alcorcón	IV	OURENSE	Ourense	II		Carcaixent	IV
	Aranjuez	IV	PALÈNCIA	Palència	II		Catarroja	IV
	Arganda del Rey	IV	PONTEVEDRA	Cangas	I		Cullera	IV
	Colmenar Viejo	IV		A Estrada	I		Gandia	IV
	Collado Villalba	IV		Lalín	I		Manises	IV
	Coslada	IV		Marín	I		Mislata	IV
	Fuenlabrada	IV		Pontevedra	I		Oliva	IV
	Getafe	IV		Redondela	I		Ontinyent	IV
	Leganés	IV		Vigo	I		Paterna	IV
	Madrid	IV		Vilagarcía de	I		Quart de poblet	IV
	Majadahonda	IV	SALAMANCA	Arousa	I		Sagunt	IV
	Móstoles	IV		Salamanca	III		Sueca	IV
	Parla	IV	SANTA CRUZ	Arona	V		Torrent	IV
	Pinto	IV	DE TENERIFE	Los Realejos	V		València	IV
	Pozuelo de Alarcón	IV		lcod de los Vinos	V		Xàtiva	IV
	Rivas-Vaciamadrid	IV		La Orotava	V		Xirivella	IV
	Las Rozas de Madrid	IV		Puerto de la Cruz	V	VALLADOLID	Medina del Campo	III
MADRID	San Fernando de Henares	IV		Los Realejos	V		Valladolid	II
	San Sebastián de los Reyes	IV	SANTA CRUZ DE TENERIFE	San Cristóbal de la Laguna	V	BISCAIA	Barakaldo	I
	Torrejón de Ardoz	IV		Santa Cruz de Tenerife	V		Basauri	I
	Tres Cantos	IV		Tacoronte	V		Bilbao	I
	Valdemoro	IV	SEGÒVIA	Segòvia	III		Durango	I
			SEVILLA	Alcalá de Guadaíra	V		Erandio	I
				Camas	V		Galdakao	I
				Carmona	V		Getxo	I
				Coria del Río	V		leioa	I
				Dos Hermanas	V		Portugalete	I
							Santurtzi	I
							Sestao	I
						ZAMORA	Zamora	III
						SARAGOSSA	Saragossa	IV

## 3.2 Condicions generals de la instal·lació

### 3.2.1 Definició

- 1 Una instal·lació solar fotovoltaica connectada a xarxa està constituïda per un conjunt de components encarregats de realitzar les funcions de captar la radiació solar, i generar energia elèctrica en forma de corrent continu i d'adaptar-la a les característiques que la facin utilitzable per als consumidors connectats a la xarxa de distribució de corrent altern. Aquest tipus d'instal·lacions fotovoltaïques treballen en paral·lel amb la resta dels sistemes de generació que proporcionen subministrament a la xarxa de distribució.
- 2 Els sistemes que formen la instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa són els següents:
  - a) sistema generador fotovoltaic, format per mòduls que al seu torn contenen un conjunt d'elements semiconductors connectats entre si, denominats cèl·lules, i que transformen l'energia solar en energia elèctrica;
  - b) inversor que transforma el corrent continu produït pels mòduls en corrent altern de les mateixes característiques que el de la xarxa elèctrica;
  - c) conjunt de proteccions, elements de seguretat, de maniobra, de mesura i auxiliars.
- 3 S'entén per potència pic o potència màxima del generador la que pot proporcionar el mòdul en les condicions estàndards de mesura. Aquestes condicions es defineixen de la manera següent:
  - a) irradiància 1.000 W/m<sup>2</sup>;
  - b) distribució espectral AM 1,5 G;
  - c) incidència normal;
  - d) temperatura de la cèl·lula 25 °C.

### 3.2.2 Condicions generals

- 1 Per a instal·lacions connectades, fins i tot en cas que aquestes no es realitzin en un punt de connexió de la companyia de distribució, són aplicables les condicions tècniques que siguin procedents del RD 1663/2000, així com tots els aspectes aplicables de la legislació vigent.

### 3.2.3 Criteris generals de càlcul

#### 3.2.3.1 Sistema generador fotovoltaic

- 1 Tots els mòduls han de satisfer les especificacions UNE-EN 61215:1997 per a mòduls de silici cristal·lí o UNE-EN 61646:1997 per a mòduls fotovoltaics de capa prima, així com estar qualificats per algun laboratori acreditat per les entitats nacionals d'acreditació reconegudes per la Xarxa Europea d'Acreditació (EA) o pel Laboratori d'Energia Solar Fotovoltaica del Departament d'Energies Renovables del CIEMAT, demostrat mitjançant la presentació del certificat corresponent.
- 2 En el cas excepcional en què no es disposi de mòduls qualificats per un laboratori segons el que indica l'apartat anterior, aquests s'han de sotmetre a les proves i els assajos necessaris d'acord amb l'aplicació específica segons l'ús i les condicions de muntatge en què s'hagin d'utilitzar, realitzar les proves que siguin necessàries d'acord amb el criteri d'algun dels laboratoris indicats anteriorment, i atorgar el certificat específic corresponent.
- 3 El mòdul fotovoltaic ha de portar de manera clarament visible i indeleble el model i nom o logotip del fabricant, la potència pic, així com una identificació individual o un número de sèrie traçable en la data de fabricació.
- 4 Els mòduls han de ser de classe II i han de tenir un grau de protecció mínim IP65. Per motius de seguretat i per facilitar el manteniment i la reparació del generador, s'han d'instal·lar els elements necessaris (fusibles, interruptors, etc.) per a la desconexió, de manera independent i en els dos terminals, de cadascuna de les branques de la resta del generador.
- 5 Les exigències del Codi tècnic de l'edificació relatives a seguretat estructural són aplicables a l'estructura de suport de mòduls.
- 6 El càlcul i la construcció de l'estructura i el sistema de fixació de mòduls ha de permetre les dilatacions tèrmiques necessàries sense transmetre càrregues que puguin afectar la integritat dels

mòduls, seguint les indicacions del fabricant. L'estructura s'ha de realitzar tenint en compte la facilitat de muntatge i desmuntatge i la possible necessitat de substitucions d'elements.

- 7 L'estructura s'ha de protegir superficialment contra l'acció dels agents ambientals.
- 8 En el cas d'instal·lacions integrades a la coberta que facin de coberta de l'edifici, l'estructura i l'estanquitat entre mòduls s'ha d'ajustar a les exigències que indica la part corresponent del Codi tècnic de l'edificació i altra normativa aplicable.

### 3.2.3.2 Ondulador

- 1 Els ondulators han de complir les directrius comunitàries de seguretat elèctrica en baixa tensió i compatibilitat electromagnètica.
- 2 Les característiques bàsiques dels ondulators han de ser les següents:
  - a) principi de funcionament: font de corrent;
  - b) autocommutat;
  - c) seguiment automàtic del punt de màxima potència del generador;
  - d) no funciona en illa o mode aïllat.
- 3 La potència de l'ondulador ha de ser com a mínim el 80% de la potència pic real del generador fotovoltaic.

### 3.2.3.3 Proteccions i elements de seguretat

- 1 La instal·lació ha d'incorporar tots els elements i les característiques necessàries per garantir en tot moment la qualitat del subministrament elèctric, de manera que compleixin les directrius comunitàries de seguretat elèctrica en baixa tensió i compatibilitat electromagnètica.
- 2 S'hi han d'incloure tots els elements necessaris de seguretat i les proteccions pròpies de les persones i de la instal·lació fotovoltaica assegurant la protecció davant de contactes directes i indirectes, curtcircuits, sobrecàrregues, així com altres elements i proteccions que resultin de l'aplicació de la legislació vigent. En particular, s'ha d'emprar en la part de corrent continu de la instal·lació protecció de classe II o aïllament equivalent quan es tracti d'un emplaçament accessible. Els materials situats a la intempèrie han de tenir almenys un grau de protecció IP65.
- 3 La instal·lació ha de permetre la desconexió i el seccionament de l'ondulador, tant en la part de corrent continu com en la de corrent altern, per facilitar les tasques de manteniment.

## 3.3 Càlcul de les pèrdues per orientació i inclinació

### 3.3.1 Introducció

- 1 L'objecte d'aquest apartat és determinar els límits en l'orientació i la inclinació dels mòduls d'acord amb les pèrdues màximes permissibles.
- 2 Les pèrdues per aquest concepte es calculen en funció de:
  - a) angle d'inclinació,  $\beta$ , definit com l'angle que forma la superfície dels mòduls amb el pla horitzontal. El seu valor és 0 per a mòduls horitzontals i 90° per a verticals;
  - b) angle azimutal,  $\alpha$ , definit com l'angle entre la projecció sobre el pla horitzontal de la normal a la superfície del mòdul i el meridià del lloc. Valors típics són 0° per a mòduls orientats al sud, -90° per a mòduls orientats a l'est i +90° per a mòduls orientats a l'oest.

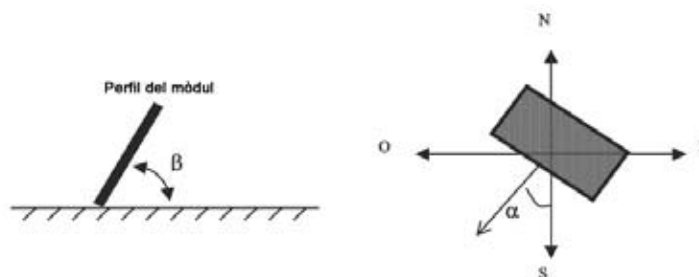


Figura 3.2 Orientació i inclinació dels mòduls

### 3.3.2 Procediment

- 1 Un cop determinat l'angle azimutal del captador, es calculen els límits d'inclinació acceptables d'acord amb les pèrdues màximes respecte de la inclinació òptima establertes. Per a això s'utilitza la figura 3.3, vàlida per a una latitud ( $\phi$ ) de  $41^\circ$ , de la manera següent:
  - a) un cop conegut l'azimut, determinem a la figura 3.3 els límits per a la inclinació en el cas ( $\phi$ ) =  $41^\circ$ . Per al cas general, les pèrdues màximes per aquest concepte són del 10%, per a superposició del 20% i per a integració arquitectònica del 40%. Els punts d'intersecció del límit de pèrdues amb la recta d'azimut ens proporcionen els valors d'inclinació màxima i mínima;
  - b) si no hi ha intersecció entre totes dues, les pèrdues són superiors a les permeses i la instal·lació està fora dels límits. Si les dues corbes s'intersecten, s'obtenen els valors per a latitud ( $\phi$ ) =  $41^\circ$  i es corregeixen d'acord amb el que s'indica tot seguit.
- 2 S'han de corregir els límits d'inclinació acceptables en funció de la diferència entre la latitud del lloc en qüestió i la de  $41^\circ$ , d'acord amb les fórmules següents:
  - a) inclinació màxima = inclinació ( $\phi$  =  $41^\circ$ ) - ( $41^\circ$  - latitud);
  - b) inclinació mínima = inclinació ( $\phi$  =  $41^\circ$ ) - ( $41^\circ$  - latitud); on  $5^\circ$  n'és el valor mínim.
- 3 En casos a prop del límit i com a instrument de verificació, s'utilitza la fórmula següent:

$$\text{Pèrdues (\%)} = 100 \cdot \left[ 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \phi + 10)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \right] \quad \text{per a } 15^\circ < \beta < 90^\circ \quad (3.1)$$

$$\text{Pèrdues (\%)} = 100 \cdot \left[ 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \phi + 10)^2 \right] \quad \text{per a } \beta \leq 15^\circ \quad (3.2)$$

Nota:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\phi$  s'expressen en graus sexagesimals, on  $\phi$  és la latitud del lloc.

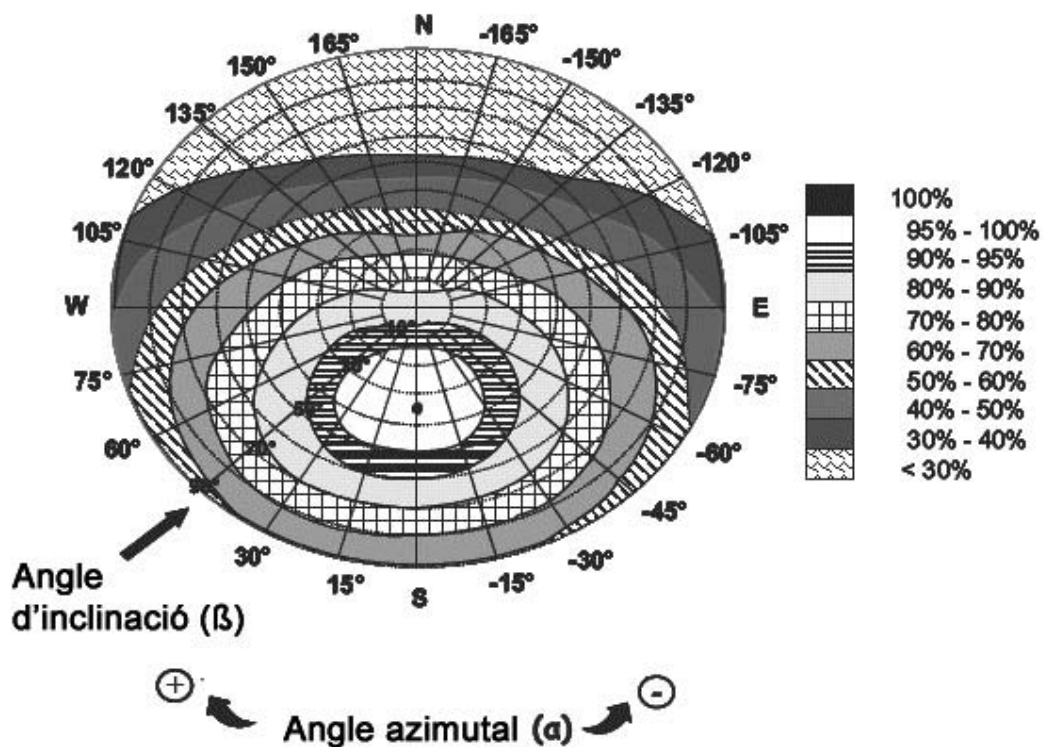


Figura 3.3.  
Percentatge d'energia respecte al màxim com a conseqüència de les pèrdues per orientació i inclinació.

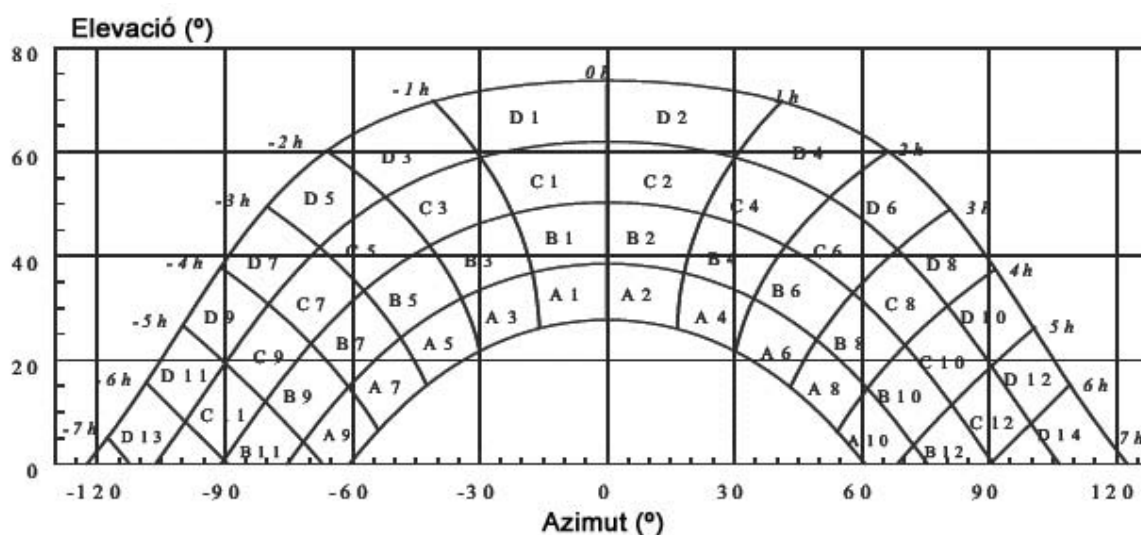
### 3.4 Càlcul de pèrdues de radiació solar per ombres

#### 3.4.1 Introducció

- 1 Aquest apèndix descriu un mètode de càlcul de les pèrdues de radiació solar que experimenta una superfície degudes a ombres circumdants. Aquestes pèrdues s'expressen com a percentatge de la radiació solar global que incidiria sobre la superfície esmentada, en cas que no hi hagués cap ombra.

#### 3.4.2 Procediment

- 1 El procediment consisteix en la comparació del perfil d'obstacles que afecta la superfície d'estudi amb el diagrama de trajectòries del sol. Els passos que s'han de seguir són els següents:
  - a) localització dels principals obstacles que afecten la superfície, en termes de les seves coordenades de posició azimuthal (angle de desviació respecte a la direcció sud) i elevació (angle d'inclinació respecte al pla horitzontal). Per a això es pot utilitzar un teodolit;
  - b) representació del perfil d'obstacles en el diagrama de la figura 3.4, en el qual es mostra la banda de trajectòries del sol al llarg de tot l'any, vàlid per a localitats de la península Ibèrica i les Balears (per a les Illes Canàries el diagrama s'ha de desplaçar  $12^\circ$  en sentit vertical ascendent). La banda esmentada està dividida en porcions, delimitades per les hores solars (negatives abans del migdia solar i positives després d'aquest) i identificades per una lletra i un número (A1, A2, ..., D14).



(1) els graus de les dues escales són sexagesimals

Figura 3.4 Diagrama de trajectòries del sol

- 2 Cadascuna de les porcions de la figura 3.4 representa el recorregut del sol en un cert període de temps (una hora al llarg de diversos dies) i té, per tant, una determinada contribució en la irradiació solar global anual que incideix sobre la superfície d'estudi. Així, el fet que un obstacle cobreixi una de les porcions suposa certa pèrdua d'irradiació, en particular la que resulti interceptada per l'obstacle. S'ha d'escollir com a referència per al càlcul la taula més adequada entre les que inclou l'apèndix B de taules de referència.
- 3 Les taules que inclou aquest apèndix es refereixen a diferents superfícies caracteritzades pels seus angles d'inclinació i orientació ( $\beta$  i  $\alpha$ , respectivament). S'ha d'escollir la que resulti més semblant a la superfície en estudi. Els números que figuren a cada casella corresponen al percentatge d'irradiació solar global anual que es perdria si la porció corresponent resultés interceptada per un obstacle.
- 4 La comparació del perfil d'obstacles amb el diagrama de trajectòries del sol permet calcular les pèrdues per ombrejat de la irradiació solar que incideix sobre la superfície al llarg de tot l'any. Per a això s'han de sumar les contribucions de les porcions que resultin totalment o parcialment ocultes pel perfil d'obstacles representat. En el cas d'ocultació parcial s'utilitza el factor d'ompliment (fracció oculta respecte del total de la porció) més pròxim als valors 0,25, 0,50, 0,75 o 1.

## 4 Manteniment

- 1 Per englobar les operacions necessàries durant la vida de la instal·lació per assegurar-ne el funcionament, augmentar-ne la fiabilitat i prolongar-ne la durada, es defineixen dos esglaons complementaris d'actuació:
  - a) pla de vigilància;
  - b) pla de manteniment preventiu.

### 4.1 Pla de vigilància

- 1 El pla de vigilància es refereix bàsicament a les operacions que permeten assegurar que els valors operacionals de la instal·lació són correctes. És un pla d'observació simple dels paràmetres funcionals principals (energia, tensió, etc.) per verificar el funcionament correcte de la instal·lació, incloent-hi la neteja dels mòduls en cas que sigui necessari.

### 4.2 Pla de manteniment preventiu

- 1 Són operacions d'inspecció visual, verificació d'actuacions i d'altres, que aplicades a la instal·lació han de permetre mantenir dins de límits acceptables les condicions de funcionament, prestacions, protecció i durabilitat de la instal·lació.
- 2 El pla de manteniment l'ha de realitzar personal tècnic competent que conegui la tecnologia solar fotovoltaica i les instal·lacions elèctriques en general. La instal·lació ha de tenir un llibre de manteniment en el qual es reflecteixin totes les operacions realitzades així com el manteniment correctiu.
- 3 El manteniment preventiu ha d'incloure totes les operacions de manteniment i substitució d'elements fungibles o desgastats per l'ús necessàries per assegurar que el sistema funcioni correctament durant la seva vida útil.
- 4 El manteniment preventiu de la instal·lació ha d'incloure, almenys, una revisió semestral en la qual s'han de realitzar les activitats següents:
  - a) comprovació de les proteccions elèctriques;
  - b) comprovació de l'estat dels mòduls: comprovar la situació respecte al projecte original i verificar l'estat de les connexions;
  - c) comprovació de l'estat de l'ondulador: funcionament, llums de senyalitzacions, alarmes, etc;
  - d) comprovació de l'estat mecànic de cables i terminals (incloent-hi cables de preses de terra i refixació de borns), platines, transformadors, ventiladors/extractors, unions, refixació, neteja.

## Apèndix A Terminologia

**Branca fotovoltaica:** subconjunt de mòduls interconnectats en sèrie o en associacions sèrie-paral·lel, amb voltatge igual a la tensió nominal del generador.

**Cèl·lula solar o fotovoltaica:** dispositiu que transforma la radiació solar en energia elèctrica.

**Elements d'ombrejat:** mòduls fotovoltaics que protegeixen la construcció arquitectònica de la sobrecàrrega tèrmica causada pels rajos solars, proporcionant ombres a la teulada o a la façana d'aquesta.

**Font de corrent:** sistema de funcionament de l'ondulador, mitjançant el qual es produeix una injecció de corrent altern a la xarxa de distribució de la companyia elèctrica.

**Funcionament en illa o mode aïllat:** quan l'ondulador continua funcionant i injectant energia a la xarxa malgrat que en aquesta no hi hagi tensió.

**Generador fotovoltaic:** associació en paral·lel de branques fotovoltaiques.

**Instal·lació solar fotovoltaica:** la que disposa de mòduls fotovoltaics per a la conversió directa de la radiació solar en energia elèctrica, sense cap pas intermedi.

**Integració arquitectònica de mòduls fotovoltaics:** mòduls fotovoltaics que compleixen una doble funció, energètica i arquitectònica (revestiment, tancament o ombrejat) i, a més, substitueixen elements constructius convencionals o són elements constituents de la composició arquitectònica.

**Interruptor:** dispositiu de seguretat i maniobra.

**Irradiació solar:** energia incident per unitat de superfície sobre un pla donat, obtinguda per integració de la irradiància durant un interval de temps donat, normalment una hora o un dia. Es mesura en kWh/m<sup>2</sup>.

**Irradiància solar:** potència radiant incident per unitat de superfície sobre un pla donat. S'expressa en kW/m<sup>2</sup>.

**Mòdul o panell fotovoltaic:** conjunt de cèl·lules solars directament interconnectades i encapsulades com a únic bloc, entre materials que les protegeixen dels efectes de la intempèrie.

**Pèrdues per inclinació:** quantitat d'irradiació solar no aprofitada pel sistema generador com a conseqüència de no tenir la inclinació òptima.

**Pèrdues per orientació:** quantitat d'irradiació solar no aprofitada pel sistema generador com a conseqüència de no tenir l'orientació òptima.

**Pèrdues per ombres:** quantitat d'irradiació solar no aprofitada pel sistema generador com a conseqüència de l'existència d'ombres sobre aquest en algun moment del dia.

**Potència de la instal·lació fotovoltaica o potència nominal:** suma de la potència nominal dels ondulators (l'especificada pel fabricant) que intervenen en les tres fases de la instal·lació en condicions nominals de funcionament.

**Potència nominal del generador:** suma de les potències màximes dels mòduls fotovoltaics.

**Radiació solar global mitjana diària anual:** energia procedent del sol que arriba a una determinada superfície (global), prenent el valor anual com a suma de valors mitjans diaris.

**Radiació solar:** energia procedent del sol en forma d'ones electromagnètiques.



---

**Document bàsic HE Estalvi d'energia**

---

**Superposició de mòduls fotovoltaics:** mòduls fotovoltaics que es col·loquen paral·lels a l'envoltant de l'edifici sense la doble funcionalitat definida en la integració arquitectònica. No obstant això, no es consideren els mòduls horitzontals.

**Tancament:** funció que realitzen els mòduls que constitueixen la teulada o la façana de la construcció arquitectònica, per garantir l'estanquitat i l'aïllament tèrmic adequats.

## Apèndix B Taules de referència

Taula C.1

	$\beta=35^\circ ; \alpha=0^\circ$				$\beta=0^\circ ; \alpha=0^\circ$				$\beta=90^\circ ; \alpha=0^\circ$				$\beta=35^\circ ; \alpha=30^\circ$			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,10
11	0,00	0,01	0,12	0,44	0,00	0,01	0,18	1,05	0,00	0,01	0,02	0,15	0,00	0,00	0,03	0,06
9	0,13	0,41	0,62	1,49	0,05	0,32	0,70	2,23	0,23	0,50	0,37	0,10	0,02	0,10	0,19	0,56
7	1,00	0,95	1,27	2,76	0,52	0,77	1,32	3,56	1,66	1,06	0,93	0,78	0,54	0,55	0,78	1,80
5	1,84	1,50	1,83	3,87	1,11	1,26	1,85	4,66	2,76	1,62	1,43	1,68	1,32	1,12	1,40	3,06
3	2,70	1,88	2,21	4,67	1,75	1,60	2,20	5,44	3,83	2,00	1,77	2,36	2,24	1,60	1,92	4,14
1	3,17	2,12	2,43	5,04	2,10	1,81	2,40	5,78	4,36	2,23	1,98	2,69	2,89	1,98	2,31	4,87
2	3,17	2,12	2,33	4,99	2,11	1,80	2,30	5,73	4,40	2,23	1,91	2,66	3,16	2,15	2,40	5,20
4	2,70	1,89	2,01	4,46	1,75	1,61	2,00	5,19	3,82	2,01	1,62	2,26	2,93	2,08	2,23	5,02
6	1,79	1,51	1,65	3,63	1,09	1,26	1,65	4,37	2,68	1,62	1,30	1,58	2,14	1,82	2,00	4,46
8	0,98	0,99	1,08	2,55	0,51	0,82	1,11	3,28	1,62	1,09	0,79	0,74	1,33	1,36	1,48	3,54
10	0,11	0,42	0,52	1,33	0,05	0,33	0,57	1,98	0,19	0,49	0,32	0,10	0,18	0,71	0,88	2,26
12	0,00	0,02	0,10	0,40	0,00	0,02	0,15	0,96	0,00	0,02	0,02	0,13	0,00	0,06	0,32	1,17
14	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,22<

Taula C.2

	$\beta=90^\circ ; \alpha=30^\circ$				$\beta=35^\circ ; \alpha=60^\circ$				$\beta=90^\circ ; \alpha=60^\circ$				$\beta=35^\circ ; \alpha=-30^\circ$			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
13	0,10	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,43	0,00	0,00	0,00	0,22
11	0,06	0,01	0,15	0,51	0,00	0,00	0,08	0,16	0,00	0,01	0,27	0,78	0,00	0,03	0,37	1,26
9	0,56	0,06	0,14	0,43	0,02	0,04	0,04	0,02	0,09	0,21	0,33	0,76	0,21	0,70	1,05	2,50
7	1,80	0,04	0,07	0,31	0,02	0,13	0,31	1,02	0,21	0,18	0,27	0,70	1,34	1,28	1,73	3,79
5	3,06	0,55	0,22	0,11	0,64	0,68	0,97	2,39	0,10	0,11	0,21	0,52	2,17	1,79	2,21	4,70
3	4,14	1,16	0,87	0,67	1,55	1,24	1,59	3,70	0,45	0,03	0,05	0,25	2,90	2,05	2,43	5,20
1	4,87	1,73	1,49	1,86	2,35	1,74	2,12	4,73	1,73	0,80	0,62	0,55	3,12	2,13	2,47	5,20
2	5,20	2,15	1,88	2,79	2,85	2,05	2,38	5,40	2,91	1,56	1,42	2,26	2,88	1,96	2,19	4,77
4	5,02	2,34	2,02	3,29	2,86	2,14	2,37	5,53	3,59	2,13	1,97	3,60	2,22	1,60	1,73	3,91
6	4,46	2,28	2,05	3,36	2,24	2,00	2,27	5,25	3,35	2,43	2,37	4,45	1,27	1,11	1,25	2,84
8	3,54	1,92	1,71	2,98	1,51	1,61	1,81	4,49	2,67	2,35	2,28	4,65	0,52	0,57	0,65	1,64
10	2,26	1,19	1,19	2,12	0,23	0,94	1,20	3,18	0,47	1,64	1,82	3,95	0,02	0,10	0,15	0,50
12	1,17	0,12	0,53	1,22	0,00	0,09	0,52	1,96	0,00	0,19	0,97	2,93	0,00	0,00	0,03	0,05
14	0,22	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,08

## Document bàsic HE Estalvi d'energia

**Taula C.3**

	$\beta=90^\circ ; \alpha=-30^\circ$				$\beta=35^\circ ; \alpha=-60^\circ$				$\beta=90^\circ ; \alpha=-60^\circ$			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
<b>13</b>	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	1,01
<b>11</b>	0,00	0,05	0,60	1,28	0,00	0,04	0,60	2,09	0,00	0,08	1,10	3,08
<b>9</b>	0,43	1,17	1,38	2,30	0,27	0,91	1,42	3,49	0,55	1,60	2,11	4,28
<b>7</b>	2,42	1,82	1,98	3,15	1,51	1,51	2,10	4,76	2,66	2,19	2,61	4,89
<b>5</b>	3,43	2,24	2,24	3,51	2,25	1,95	2,48	5,48	3,36	2,37	2,56	4,61
<b>3</b>	4,12	2,29	2,18	3,38	2,80	2,08	2,56	5,68	3,49	2,06	2,10	3,67
<b>1</b>	4,05	2,11	1,93	2,77	2,78	2,01	2,43	5,34	2,81	1,52	1,44	2,22
<b>2</b>	3,45	1,71	1,41	1,81	2,32	1,70	2,00	4,59	1,69	0,78	0,58	0,53
<b>4</b>	2,43	1,14	0,79	0,64	1,52	1,22	1,42	3,46	0,44	0,03	0,05	0,24
<b>6</b>	1,24	0,54	0,20	0,11	0,62	0,67	0,85	2,20	0,10	0,13	0,19	0,48
<b>8</b>	0,40	0,03	0,06	0,31	0,02	0,14	0,26	0,92	0,22	0,18	0,26	0,69
<b>10</b>	0,01	0,06	0,12	0,39	0,02	0,04	0,03	0,02	0,08	0,21	0,28	0,68
<b>12</b>	0,00	0,01	0,13	0,45	0,00	0,01	0,07	0,14	0,00	0,02	0,24	0,67
<b>14</b>	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,36

## **Apèndix C Normes de referència**

**Reial decret 1663/2000**, de 29 de setembre, sobre connexió d'instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió.

**UNE EN 61215:1997** "Mòduls fotovoltaïcs (FV) de silici cristal·lí per a aplicació terrestre. Qualificació del disseny i aprovació tipus".

**UNE EN 61646:1997** "Mòduls fotovoltaïcs (FV) de làmina prima per a aplicació terrestre. Qualificació del disseny i aprovació tipus".

**Llei 54/1997**, de 27 de novembre, del sector elèctric.

**Reial decret 436/2004**, de 12 de març, pel qual s'estableix la metodologia per a l'actualització i sistematització del règim jurídic i econòmic de l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial.

**Reial decret 1955/2000**, d'1 de desembre, pel qual es regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica.

**Resolució de 31 de maig de 2001** per la qual s'estableixen el model de contracte tipus i el model de factura per a les instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a la xarxa de baixa tensió.

**Reial decret 841/2002** de 2 d'agost pel qual es regula per a les instal·lacions de producció d'energia elèctrica en règim especial la seva incentivació en la participació al mercat de producció, determinades obligacions d'informació de les seves previsions de producció i l'adquisició pels comercialitzadors de la seva energia elèctrica produïda.

**Reial decret 842/2002**, de 2 d'agost, pel qual s'aprova el Reglament electrotècnic per a baixa tensió.

**Reial decret 1433/2002**, de 27 de desembre, pel qual s'estableixen els requisits de mesura en baixa tensió de consumidors i centrals de producció en règim especial.

# Document bàsic **HS**

---

## Salubritat

- HS 1 Protecció contra la humitat
- HS 2 Recollida i evacuació de residus
- HS 3 Qualitat de l'aire interior
- HS 4 Subministrament d'aigua
- HS 5 Evacuació d'aigües

## Introducció

### I Objecte

Aquest Document bàsic (DB) té com a objectiu establir regles i procediments que permeten complir les exigències bàsiques de salubritat. Les seccions d'aquest DB es corresponen amb les exigències bàsiques HS 1 a HS 5. L'aplicació correcta de cada secció suposa el compliment de l'exigència bàsica corresponent. La correcta aplicació del conjunt del DB suposa que se satisfà el requisit bàsic "Higiene, salut i protecció del medi ambient".

Tant l'objectiu del requisit bàsic "Higiene, salut i protecció del medi ambient" com les exigències bàsiques s'estableixen a l'article 13 de la part I d'aquest CTE i són els següents:

#### Article 13. Exigències bàsiques de salubritat (HS)

1. L'objectiu del requisit bàsic "Higiene, salut i protecció del medi ambient", tractat d'ara endavant sota el terme salubritat, consisteix a reduir a límits acceptables el *risc* que els *usuaris*, dins dels edificis i en condicions normals d'utilització, pateixin molèsties o malalties, així com el *risc* que els *edificis* es deteriorin i que deteriorin el medi ambient en el seu entorn immediat, com a conseqüència de les característiques del seu *projecte, construcció, ús i manteniment*.
2. Per satisfer aquest objectiu, els *edificis* s'han de projectar, construir, mantenir i utilitzar de tal manera que es compleixin les exigències bàsiques que s'estableixen en els apartats següents.
3. El Document bàsic "DB HS Salubritat" especifica paràmetres objectius i procediments el compliment dels quals assegura la satisfacció de les exigències bàsiques i la superació dels nivells mínims de qualitat propis del requisit bàsic de salubritat.

#### 13.1 Exigència bàsica HS 1: Protecció enfront de la humitat

S'ha de limitar el *risc* previsible de presència inadequada d'aigua o humitat a l'interior dels edificis i en els seus *tancaments* com a conseqüència de l'aigua procedent de precipitacions atmosfèriques, d'escorrenties, del terreny o de condensacions, disposant mitjans que n'impedeixin la penetració o, si s'escau, permetin la seva evacuació sense producció de danys.

#### 13.2 Exigència bàsica HS 2: Recollida i evacuació de residus

Els *edificis* han de disposar d'espais i mitjans per extreure els residus ordinaris que s'hi generen d'acord amb el sistema públic de recollida de tal manera que es faciliti l'adequada separació en origen d'aquests residus, la seva recollida selectiva i la seva posterior gestió.

#### 13.3 Exigència bàsica HS 3: Qualitat de l'aire interior

- 1 Els *edificis* han de disposar de mitjans perquè els seus *recintes* es puguin ventilar adequadament, eliminant els contaminants que es produeixin habitualment durant l'ús normal dels edificis, de manera que s'aporti un cabal suficient d'aire exterior i es garanteixi l'extracció i expulsió de l'aire viciat pels contaminants.
- 2 Per limitar el risc de contaminació de l'aire interior dels edificis i de l'entorn exterior en façanes i patis, l'evacuació de productes de combustió de les instal·lacions tèrmiques es produirà, amb caràcter general, per la coberta de l'edifici, amb independència del tipus de combustible i de l'aparell que s'utilitzi, d'acord amb la reglamentació específica sobre instal·lacions tèrmiques.

#### 13.4 Exigència bàsica HS 4: Subministrament d'aigua

Els *edificis* han de disposar de mitjans adequats per subministrar a l'equipament higiènic previst aigua apta per al consum de manera sostenible, aportant cabals suficients per al seu funcionament, sense alteració de les propietats d'aptitud per al consum i impedit els possibles retorns que puguin contaminar la xarxa, incorporant-hi mitjans que permetin l'estalvi i el control de l'aigua.

## Document bàsic HS Salubritat

Els equips de producció d'aigua calenta dotats de sistemes d'acumulació i els punts terminals d'utilització han de tenir unes determinades característiques que permetin evitar el desenvolupament de gèrmens patògens.

**13.5 Exigència bàsica HS 5: Evacuació d'aigües**

Els edificis han de disposar de mitjans adequats per extreure les aigües residuals que s'hi generen de manera independent o conjunta amb les precipitacions atmosfèriques i amb les escorrenties.

**II Àmbit d'aplicació**

L'àmbit d'aplicació en aquest DB s'especifica, per a cada secció de les quals es compon, en els apartats respectius.

El contingut d'aquest DB es refereix únicament a les exigències bàsiques relacionades amb el requisit bàsic "Higiene, salut i protecció del medi ambient". També s'han de complir les exigències bàsiques de la resta de requisits bàsics, cosa que es possibilita mitjançant l'aplicació del DB corresponent a cadascun d'ells.

**III Criteris generals d'aplicació**

Es poden utilitzar altres solucions diferents de les contingudes en aquest DB; en aquest cas s'ha de seguir el procediment establert a l'article 5 del CTE i s'ha de documentar en el projecte el compliment de les exigències bàsiques.

Les citacions de disposicions reglamentàries contingudes en aquest DB es refereixen a les seves versions vigents en cada moment en què s'apliqui el Codi. Les citacions de normes UNE, UNE EN o UNE EN ISO s'han de relacionar amb la versió que s'indica en cada cas, tot i que hi hagi una versió posterior, excepte quan es tracti de normes equivalents a normes EN la referència de les quals hagi estat publicada en el *Diari Oficial de la Comunitat Europea*, en el marc de l'aplicació de la Directiva 89/106/CEE sobre productes de construcció; en aquest cas la citació s'ha de relacionar amb la versió de la referència esmentada.

**IV Condicions particulars per al compliment del DB HS**

L'aplicació dels procediments d'aquest DB s'ha de portar a terme d'acord amb les condicions particulars que s'hi estableixen i amb les condicions generals per al compliment del CTE, les condicions del projecte, les condicions en l'execució de les obres i les condicions de l'edifici que figuren en els articles 5, 6, 7 i 8, respectivament, de la part I del CTE.

**V Terminologia**

Als efectes d'aplicació d'aquest DB, els termes que figuren en lletra cursiva s'han d'utilitzar d'acord amb el significat i les condicions que s'estableixen per a cadascun d'aquests, bé en els apèndixs A de cadascuna de les seccions d'aquest DB o bé en l'annex III de la part I d'aquest CTE, quan siguin termes d'ús comú en el conjunt del Codi.

## Índex

### Secció HS 1 Protecció contra la humitat

- 1 Generalitats**
    - 1.1 Àmbit d'aplicació
    - 1.2 Procediment de verificació
  - 2 Disseny**
    - 2.1 Murs
    - 2.2 Terres
    - 2.3 Façanes
    - 2.4 Cobertes
  - 3 Dimensionament**
    - 3.1 Tubs de drenatge
    - 3.2 Canals de recollida
    - 3.3 Bombes de buidatge
  - 4 Productes de construcció**
    - 4.1 Característiques exigibles als productes
    - 4.2 Control de recepció en obra de productes
  - 5 Construcció**
    - 5.1 Execució
    - 5.2 Control de l'execució
    - 5.3 Control de l'obra acabada
  - 6 Manteniment i conservació**
- Apèndix A Terminologia**
- Apèndix B Notació**
- Apèndix C Càlcul del cabal de drenatge**

### Secció HS 2 Recollida i evacuació de residus

- 1 Generalitats**
    - 1.1 Àmbit d'aplicació
    - 1.2 Procediment de verificació
  - 2 Disseny i dimensionament**
    - 2.1 Magatzem de contenidors d'edifici i espai de reserva
    - 2.2 Instal·lacions de trasllat per baixants
    - 2.3 Espais d'emmagatzematge immediat en els habitatges
  - 3 Manteniment i conservació**
    - 3.1 Magatzem de contenidors d'edifici
    - 3.2 Instal·lacions de trasllat per baixants
- Apèndix A Terminologia**
- Apèndix B Notació**



## **Secció HS 3 Qualitat de l'aire interior**

### **1 Generalitats**

- 1.1 Àmbit d'aplicació
- 1.2 Procediment de verificació

### **2 Caracterització i quantificació de les exigències**

### **3 Disseny**

- 3.1 Condicions generals dels sistemes de ventilació
- 3.2 Condicions particulars dels elements

### **4 Dimensionament**

- 4.1 Obertures de ventilació
- 4.2 Conductes d'extracció
- 4.3 Aspiradors híbrids, aspiradors mecànics i extractors
- 4.4 Finestres i portes exteriors

### **5 Productes de construcció**

- 5.1 Característiques exigibles als productes
- 5.2 Control de recepció en obra de productes

### **6 Construcció**

- 6.1 Execució
- 6.2 Control de l'execució
- 6.3 Control de l'obra acabada

### **7 Manteniment i conservació**

#### **Apèndix A Terminologia**

#### **Apèndix B Notació**

## **Secció HS 4 Subministrament d'aigua**

### **1 Generalitats**

- 1.1 Àmbit d'aplicació
- 1.2 Procediment de verificació

### **2 Caracterització i quantificació de les exigències**

- 2.1 Propietats de la instal·lació
- 2.2 Senyalització
- 2.3 Estalvi d'aigua

### **3 Disseny**

- 3.1 Esquema general de la instal·lació
- 3.2 Elements que componen la instal·lació
- 3.3 Protecció contra retorns
- 3.4 Separacions respecte a altres instal·lacions
- 3.5 Senyalització
- 3.6 Estalvi d'aigua

### **4 Dimensionament**

- 4.1 Reserva d'espai a l'edifici
- 4.2 Dimensionament de les xarxes de distribució

---

Document bàsic HS Salubritat

---

- 4.3 Dimensionament de les derivacions a habitacions humides i ramals d'enllaç
- 4.4 Dimensionament de les xarxes d'ACS
- 4.5 Dimensionament dels equips, elements i dispositius de la instal·lació

## **5 Construcció**

- 5.1 Execució
- 5.2 Posada en servei

## **6 Productes de construcció**

- 6.1 Condicions generals dels materials
- 6.2 Condicions particulars de les conduccions
- 6.3 Incompatibilitats

## **7 Manteniment i conservació**

- 7.1 Interrupció del servei
- 7.2 Nova posada en servei
- 7.3 Manteniment de les instal·lacions

### **Apèndix A Terminologia**

### **Apèndix B Notacions i unitats**

### **Apèndix C Normes de referència**

### **Apèndix D Simbologia**

## **Secció HS 5 Evacuació d'aigües**

### **1 Generalitats**

- 1.1 Àmbit d'aplicació
- 1.2 Procediment de verificació

### **2 Caracterització i quantificació de les exigències**

### **3 Disseny**

- 3.1 Condicions generals de l'evacuació
- 3.2 Configuracions dels sistemes d'evacuació
- 3.3 Elements que componen les instal·lacions

### **4 Dimensionament**

- 4.1 Dimensionament de la xarxa d'evacuació d'aigües residuals
- 4.2 Dimensionament de la xarxa d'evacuació d'aigües pluvials
- 4.3 Dimensionament dels col·lectors de tipus mixt
- 4.4 Dimensionament de les xarxes de ventilació
- 4.5 Accessoris
- 4.6 Dimensionament dels sistemes de bombament i elevació

### **5 Construcció**

- 5.1 Execució dels punts de captació
- 5.2 Execució de les xarxes de petita evacuació
- 5.3 Execució de baixants i ventilacions
- 5.4 Execució de claveguerons i col·lectors
- 5.5 Execució dels sistemes d'elevació i bombament
- 5.6 Proves

### **6 Productes de construcció**

---

Document bàsic HS Salubritat

---

- 6.1 Característiques generals dels materials
- 6.2 Materials de les canalitzacions
- 6.3 Materials dels punts de captació
- 6.4 Condicions dels materials dels accessoris

**7 Manteniment i conservació**

**Apèndix A Terminologia**

**Apèndix B Mapa d'intensitat pluviomètrica**

**Apèndix C Normes de referència**

# Secció HS 1

## Protecció contra la humitat

### 1 Generalitats

#### 1.1 Àmbit d'aplicació

1 Aquesta secció s'aplica als murs i els terres que estan en contacte amb el terreny i als tancaments que estan en contacte amb l'aire exterior (façanes i cobertes) de tots els edificis inclosos en l'àmbit d'aplicació general del CTE. Els *terres elevats* es consideren terres que estan en contacte amb el terreny. Les mitgeries que hagin de quedar descobertes perquè no s'ha edificat als solars adjacents o perquè la seva superfície excedeix les de les adjacents es consideren façanes. Els terres de les terrasses i els dels balcons es consideren cobertes.

2 La comprovació de la limitació d'humitats de condensació superficials i intersticials s'ha de fer segons el que estableix la secció HE-1 Limitació de la demanda energètica del DB HE Estalvi d'energia.

#### 1.2 Procediment de verificació

1 Per a l'aplicació d'aquesta secció s'ha de seguir la seqüència que s'exposa a continuació.

2 Compliment de les condicions de disseny següents de l'apartat 2 relatives als elements constructius:

a) murs:

i) les seves característiques han de correspondre amb les especificades en l'apartat 2.1.2 segons el grau d'impermeabilitat exigít en l'apartat 2.1.1;

ii) les característiques dels seus punts singulars han de correspondre amb les especificades en l'apartat 2.1.3;

b) terres:

i) les seves característiques han de correspondre amb les especificades en l'apartat 2.2.2 segons el grau d'impermeabilitat exigít en l'apartat 2.2.1;

ii) les característiques dels seus punts singulars han de correspondre amb les especificades en l'apartat 2.2.3;

c) façanes:

i) les característiques de les façanes han de correspondre amb les especificades en l'apartat 2.3.2 segons el grau d'impermeabilitat exigít en l'apartat 2.3.1;

ii) les característiques dels seus punts singulars han de correspondre amb les especificades en l'apartat 2.3.3;

**Document bàsic HS Salubritat**

d) cobertes:

- i) les característiques de les cobertes han de correspondre amb les especificades en l'apartat 2.4.2;
- ii) les característiques dels seus components han de correspondre amb les especificades en l'apartat 2.4.3;
- iii) les característiques dels seus punts singulars han de correspondre amb les especificades en l'apartat 2.4.4.

- 3 Compliment de les condicions de dimensionament de l'apartat 3 relatives als tubs de drenatge, als canals de recollida de l'aigua filtrada als *murs parcialment estancs* i a les bombes de buidatge.
- 4 Compliment de les condicions relatives als productes de construcció de l'apartat 4.
- 5 Compliment de les condicions de construcció de l'apartat 5.
- 6 Compliment de les condicions de manteniment i conservació de l'apartat 6.

## 2 Disseny

### 2.1 Murs

#### 2.1.1 Grau d'impermeabilitat

1 El *grau d'impermeabilitat* mínim exigít als murs que estan en contacte amb el terreny enfront de la penetració de l'aigua del terreny i de les escorrenties s'obté en la taula 2.1 en funció de la presència d'aigua i del coeficient de permeabilitat del terreny.

2 La presència d'aigua es considera

- a) baixa quan la cara inferior del terra en contacte amb el terreny es troba per damunt del nivell freàtic;
- b) mitjana quan la cara inferior del terra en contacte amb el terreny es troba a la mateixa profunditat que el nivell freàtic o a menys de dos metres per sota;
- c) alta quan la cara inferior del terra en contacte amb el terreny es troba a dos o més metres per sota del nivell freàtic.

**Taula 2.1 Grau d'impermeabilitat mínim exigít als murs**

Presència d'aigua	Coeficient de permeabilitat del terreny		
	$K_s \geq 10^{-2}$ cm/s	$10^{-5} < K_s < 10^{-2}$ cm/s	$K_s \leq 10^{-5}$ cm/s
<b>Alta</b>	5	5	4
<b>Mitjana</b>	3	2	2
<b>Baixa</b>	1	1	1

#### 2.1.2 Condicions de les solucions constructives

1 Les condicions exigides a cada *solució constructiva*, en funció del tipus de mur, del tipus d'impermeabilització i del *grau d'impermeabilitat*, s'obtenen en la taula 2.2. Les caselles ombrejades es refereixen a solucions que no es consideren acceptables i la casella en blanc a una solució a la qual no se li exigeix cap condició per als graus d'impermeabilitat corresponents.

## Document bàsic HS Salubritat

Taula 2.2 Condicions de les solucions de mur

Grau d'impermeabilitat	Mur de gravetat			Mur flexoresistent			Mur pantalla		
	Imp. interior	Imp. exterior	Parcialment estanc	Imp. interior	Imp. exterior	Parcialment estanc	Imp. interior	Imp. exterior	Parcialment estanc
	≤1	I2+D1+D5	I2+I3+D1+D5	V1	C1+I2+D1+D5	I2+I3+D1+D5	V1	C2+I2+D1+D5	C2+I2+D1+D5
≤2	C3+I1+D1+D3 <sup>(3)</sup>	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+I1+D1+D3	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤3	C3+I1+D1+D3 <sup>(3)</sup>	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C3+I1+D1+D3 <sup>(2)</sup>	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤4		I1+I3+D1+D3	D4+V1		I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤5		I1+I3+D1+D2+D3	D4+V1 <sup>(1)</sup>		I1+I3+D1+D2+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1

<sup>(1)</sup> Solució no acceptable per a més d'un soterrani.

<sup>(2)</sup> Solució no acceptable per a més de dos soterranis.

<sup>(3)</sup> Solució no acceptable per a més de tres soterranis.

2 Tot seguit es descriuen les condicions agrupades en blocs homogenis.

C) Constitució del mur:

- C1 Quan el mur es construeixi in situ s'ha d'utilitzar formigó hidròfug.
- C2 Quan el mur es construeixi in situ s'ha d'utilitzar formigó de consistència fluida.
- C3 Quan el mur sigui de fàbrica s'han d'utilitzar blocs o maons hidròfugs i morter hidròfug.

I) Impermeabilització:

- I1 La impermeabilització s'ha de realitzar mitjançant la col·locació en el mur d'una làmina impermeabilitzant, o l'aplicació directa in situ de productes líquids, com ara polímers acrílics, cautxú acrílic, resines sintètiques o polièster. En els murs pantalla construïts amb excavació, la impermeabilització s'aconsegueix mitjançant la utilització de fang bentonític. Si s'impermeabilitza interiorment amb làmina aquesta ha de ser adherida. Si s'impermeabilitza exteriorment amb làmina, quan aquesta sigui adherida s'ha de col·locar una *capa antipunxonament* a la seva cara exterior i quan sigui no adherida s'ha de col·locar una *capa antipunxonament* a cadascuna de les seves cares. En els dos casos, si es disposa una làmina drenant es pot suprimir la *capa antipunxonament* exterior. Si s'impermeabilitza mitjançant aplicacions líquides s'ha de col·locar una capa protectora a la seva cara exterior llevat que es col·loqui una làmina drenant en contacte directe amb la impermeabilització. La capa protectora pot estar constituïda per un *geotèxtil* o per morter reforçat amb una armadura.
- I2 La impermeabilització s'ha de realitzar mitjançant l'aplicació d'una pintura impermeabilitzant.
- I3 Quan el mur sigui de fàbrica s'ha de recobrir per la seva cara interior amb un revestiment hidròfug, tal com una capa de morter hidròfug sense revestir, un full de cartó guix sense guix higroscòpic o un altre material no higroscòpic.

D) Drenatge i evacuació:

- D1 S'ha de disposar una capa drenant i una capa filtrant entre el mur i el terreny o, quan hi ha una capa d'impermeabilització, entre aquesta i el terreny. La capa drenant pot estar constituïda per una làmina drenant, grava, una fàbrica de blocs d'argila porosos o un altre material que produeixi el mateix efecte. Quan la capa drenant sigui una làmina, l'extrem superior de la làmina s'ha de protegir de l'entrada d'aigua procedent de les precipitacions i de les esorrenties.
- D2 S'ha de disposar en la proximitat del mur un pou drenant cada 50 m com a màxim. El pou ha de tenir un diàmetre interior igual o més gran que 0,7 m i s'ha de disposar d'una capa filtrant que impedeixi l'arrossegament de fins i de dues bombes de buidatge per evacuar l'aigua a la xarxa de sanejament o a qualsevol sistema de recollida per a la seva reutilització posterior.

## Document bàsic HS Salubritat

- D3 S'ha de col·locar en l'arrencada del mur un tub drenant connectat a la xarxa de sanejament o a qualsevol sistema de recollida per a la seva reutilització posterior i, quan l'esmentada connexió estigui situada per damunt de la xarxa de drenatge, almenys una cambra de bombament amb dues bombes de buidatge.
- D4 S'han de construir canals de recollida d'aigua a la cambra del mur connectats a la xarxa de sanejament o a qualsevol sistema de recollida per a la seva reutilització posterior i, quan la connexió esmentada estigui situada per damunt dels canals, almenys una cambra de bombament amb dues bombes de buidatge.
- D5 S'ha de disposar una xarxa d'evacuació de l'aigua de pluja a les parts de la coberta i del terreny que puguin afectar el mur i s'ha de connectar aquella a la xarxa de sanejament o a qualsevol sistema de recollida per a la seva reutilització posterior.
- V) Ventilació de la cambra:
- V1 S'han de disposar obertures de ventilació a l'arrencada i la coronació del full interior i ventilar-se el local al qual s'obren les obertures esmentades amb un cabal de, com a mínim, 0,7 l/s per cada m<sup>2</sup> de superfície útil d'aquest.
- Les obertures de ventilació han d'estar repartides al 50% entre la part inferior i la coronació del full interior al costat del sostre, distribuïdes regularment i disposades a portell. La relació entre l'àrea efectiva total de les obertures, S<sub>s</sub>, en cm<sup>2</sup>, i la superfície del full interior, A<sub>h</sub>, en m<sup>2</sup>, ha de complir la condició següent:
- $$30 > \frac{S_s}{A_h} > 10 \quad (2.1)$$
- La distància entre obertures de ventilació contigües no ha de ser més gran que 5 m.

### 2.1.3 Condicions dels punts singulars

1 S'han de respectar les condicions de disposició de bandes de reforç i de terminació, les de continuïtat o discontinuïtat, així com qualsevol altra que afecti el disseny, relatives al sistema d'impermeabilització que s'utilitzi.

#### 2.1.3.1 Unions del mur amb les façanes

1 Quan el mur s'impermeabilitzi per l'interior, a les arrencades de la façana sobre aquest, l'impermeabilitzant s'ha de prolongar sobre el mur en tot el seu gruix a més de 15 cm per damunt del nivell del terra exterior sobre una banda de reforç del mateix material que la barrera impermeable utilitzada, que s'ha de prolongar cap a baix 20 cm, com a mínim, al llarg del parament del mur. Sobre la barrera impermeable s'ha de disposar una capa de morter de regulació de 2 cm de gruix com a mínim.

2 En el mateix cas quan el mur s'impermeabilitzi amb làmina, entre l'impermeabilitzant i la capa de morter s'ha de disposar una banda de terminació adherida del mateix material que la banda de reforç, i s'ha de prolongar verticalment al llarg del parament del mur fins a 10 cm, com a mínim, per sota de la vora inferior de la banda de reforç (vegeu la figura 2.1).

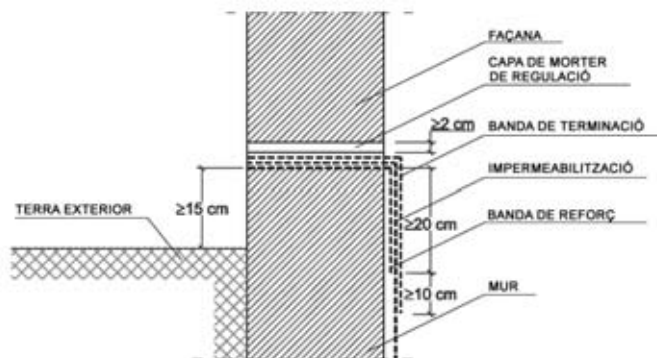


Figura 2.1 Exemple d'unió d'un mur impermeabilitzat per l'interior amb làmina amb una façana

3 Quan el mur s'impermeabilitzi per l'exterior, a les arrencades de les façanes sobre aquest, l'impermeabilitzant s'ha de prolongar més de 15 cm per damunt del nivell del terra exterior i el perfil superior de l'impermeabilitzant s'ha de realitzar segons el que es descriu en l'apartat 2.4.4.1.2 o disposant un sòcol segons el que es descriu en l'apartat 2.3.3.2.

---

**Document bàsic HS Salubritat**

---

4 S'han de respectar les condicions de disposició de bandes de reforç i de terminació així com les de continuïtat o discontinuïtat, corresponents al sistema d'impermeabilització que s'utilitzi.

**2.1.3.2 Unions del mur amb les cobertes enterrades**

1 Quan el mur s'impermeabilitzi per l'exterior, l'impermeabilitzant del mur s'ha de soldar o unir al de la coberta.

**2.1.3.3 Unions del mur amb les particions interiors**

1 Quan el mur s'impermeabilitzi per l'interior, les particions s'han de construir una vegada realitzada la impermeabilització, i entre el mur i cada partició s'ha de disposar una juntura segellada amb material elàstic que, quan hagi d'estar en contacte amb el material impermeabilitzant, ha de ser compatible amb aquest.

**2.1.3.4 Pas de conductes**

1 Els passatubs s'han de disposar de tal manera que entre aquests i els conductes hi hagi un espai que permeti les toleràncies d'execució i els possibles moviments diferencials entre el mur i el conducte.

2 S'ha de fixar el conducte al mur amb elements flexibles.

3 S'ha de disposar un impermeabilitzant entre el mur i el passatubs i s'ha de segellar l'espai entre el passatubs i el conducte amb un perfil expansiu o un màstic elàstic resistent a la compressió.

**2.1.3.5 Cantonades i racons**

1 S'ha de col·locar als punts d'unió entre dos plans impermeabilitzats una banda o capa de reforç del mateix material que l'impermeabilitzant utilitzat d'una amplada de 15 cm com a mínim i centrada en l'aresta.

2 Quan les bandes de reforç s'apliquin abans que l'impermeabilitzant del mur han d'anar adherides al suport, prèvia aplicació d'una emprimació.

**2.1.3.6 Juntures**

1 A les juntes verticals dels murs de formigó prefabricat o de fàbrica impermeabilitzats amb làmina s'han de disposar els elements següents (vegeu la figura 2.2):

- a) quan la junta sigui estructural, un cordó de rebliment compressible i compatible químicament amb la impermeabilització;
- b) segellament de la junta amb una banda elàstica;
- c) pintura d'emprimació en la superfície del mur estesa en una amplada de 25 cm com a mínim centrada en la junta;
- d) una banda de reforç del mateix material que l'impermeabilitzant amb una armadura de fibra de polièster i d'una amplada de 30 cm com a mínim centrada en la junta;
- e) l'impermeabilitzant del mur fins a la vora de la junta;
- f) una banda de terminació de 45 cm d'amplada com a mínim centrada en la junta, del mateix material que la de reforç i adherida a la làmina.



## Document bàsic HS Salubritat

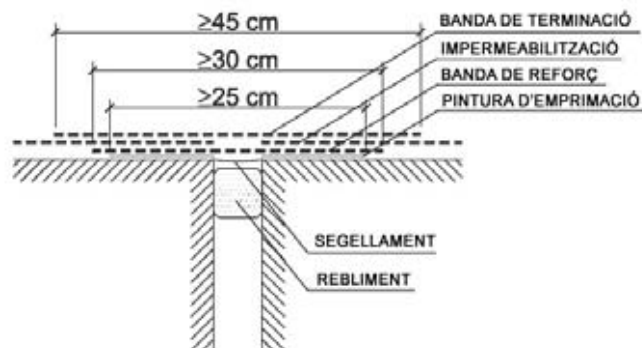


Figura 2.2 Exemple de junta estructural

2 A les juntes verticals dels murs de formigó prefabricat o de fàbrica impermeabilitzats amb productes líquids s'han de disposar els elements següents:

- quan la junta sigui estructural, un cordó de rebliment compressible i compatible químicament amb la impermeabilització;
- segellament de la junta amb una banda elàstica;
- la impermeabilització del mur fins a la vora de la junta;
- una banda de reforç d'una amplada de 30 cm com a mínim centrada en la junta i del mateix material que l'impermeabilitzant amb una armadura de fibra de polièster o una banda de làmina impermeable.

3 En el cas de murs formigonats in situ, tant si estan impermeabilitzats amb làmina o amb productes líquids, per a la impermeabilització de les juntes verticals i horitzontals, s'ha de disposar una banda elàstica embotida en les dues testeres dels dos costats de la junta.

4 Les juntes horitzontals dels murs de formigó prefabricat s'han de segellar amb morter hidròfug de baixa retracció o amb un segellador a base de poliuretà.

## 2.2 Terres

### 2.2.1 Grau d'impermeabilitat

1 El grau d'impermeabilitat mínim exigint als terres que estan en contacte amb el terreny enfront de la penetració de l'aigua d'aquest i de les escorrenties s'obté en la taula 2.3 en funció de la presència d'aigua determinada d'acord amb 2.1.1 i del coeficient de permeabilitat del terreny.

Taula 2.3 Grau d'impermeabilitat mínim exigint als terres

Presència d'aigua	Coeficient de permeabilitat del terreny	
	$K_s > 10^{-5}$ cm/s	$K_s \leq 10^{-5}$ cm/s
Alta	5	4
Mitjana	4	3
Baixa	2	1

### 2.2.2 Condicions de les solucions constructives

1 Les condicions exigides a cada solució constructiva, en funció del tipus de mur, del tipus de terra, del tipus d'intervenció en el terreny i del grau d'impermeabilitat, s'obtenen en la taula 2.4. Les caselles ombrades es refereixen a solucions que no es consideren acceptables i les caselles en blanc a solucions a les quals no s'exigeix cap condició per als graus d'impermeabilitat corresponents.

## Document bàsic HS Salubritat

Taula 2.4 Condicions de les solucions de terra

		Mur flexoresistent o de gravetat								
		Terra elevat			Solera			Placa		
		Subbase	Injeccions	Sense intervenció	Subbase	Injeccions	Sense intervenció	Subbase	Injeccions	Sense intervenció
Grau d'impermeabilitat	≤1			V1		D1	C2+C3+D1		D1	C2+C3+D1
	≤2	M2		V1	C2+C3	C2+C3+D1	C2+C3+D1	C2+C3	C2+C3+D1	C2+C3+D1
	≤3	I2+S1+S3+V1	I2+S1+S3+V1	I2+S1+S3+V1+D3+D4	C1+C2+C3+I2+D1+D2+S1+S2+S3	C1+C2+C3+I2+D1+D2+S1+S2+S3	C2+C3+I2+D1+D2+C1+S1+S2+S3	C2+C3+I2+D1+D2+C1+S1+S2+S3	C1+C2+C3+I2+D1+D2+S1+S2+S3	C1+C2+I2+D1+D2+S1+S2+S3
	≤4	I2+S1+S3+V1	I2+S1+S3+V1+D4		C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C1+C2+C3+I1+I2+D1+D2+D3+D4+P1+P2+S1+S2+S3	C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C1+C2+C3+I1+I2+D1+D2+D3+D4+P1+P2+S1+S2+S3
	≤5	I2+S1+S3+V1+D3	I2+P1+S1+S3+V1+D3		C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C2+C3+I1+I2+D1+D2+P1+P2+S1+S2+S3		C2+C3+D1+D2+I2+P2+S1+S2+S3	C2+C3+I1+I2+D1+D2+P1+P2+S1+S2+S3	C1+C2+C3+I1+I2+D1+D2+D3+D4+P1+P2+S1+S2+S3

		Mur pantalla								
		Terra elevat			Solera			Placa		
		Sub-base	Injeccions	Sense intervenció	Sub-base	Injeccions	Sense intervenció	Sub-base	Injeccions	Sense intervenció
Grau d'impermeabilitat	≤1			V1		D1	C2+C3+D1			C2+C3+D1
	≤2			V1	C2+C3	C2+C3+D1	C2+C3+D1	C2+C3	C2+C3+D1	C2+C3+D1
	≤3	S3+V1	S3+V1	S3+V1	C1+C2+C3+D1+P2+S2+S3	C1+C2+C3+D1+P2+S2+S3	C1+C2+C3+D1+D4+P2+S2+S3	C1+C2+C3+D1+D2+D4+P2+S2+S3	C1+C2+C3+D1+D2+P2+S2+S3	C1+C2+C3+D1+D2+D3+D4+P2+S2+S3
	≤4	S3+V1	D4+S3+V1	D3+D4+S3+V1	C2+C3+D1+S2+S3	C2+C3+D1+S2+S3	C1+C3+I1+D2+D3+P1+S2+S3	C2+C3+S2+S3	C2+C3+D1+D2+S2+S3	C1+C2+C3+I1+D1+D2+D3+D4+P1+S2+S3
	≤5	S3+V1	D3+D4+S3+V1		C2+C3+D1+P2+S2+S3	C2+C3+D1+P2+S2+S3	C1+C2+C3+I1+D1+D2+D3+D4+P1+P2+S2+S3	C2+C3+P2+S2+S3	C2+C3+D1+D2+P2+S2+S3	C1+C2+C3+I1+D1+D2+D3+D4+P1+P2+S2+S3

A continuació es descriuen les condicions agrupades en blocs homogenis.

## C) Constitució del terra:

- C1 Quan el terra es construeixi in situ s'ha d'utilitzar formigó hidròfug d'elevada compacitat.
- C2 Quan el terra es construeixi in situ s'ha d'utilitzar formigó de retracció moderada.
- C3 S'ha de realitzar una hidrofugació complementària del terra mitjançant l'aplicació d'un producte líquid reblidor de porus sobre la seva superfície acabada.

## l) Impermeabilització:

- l1 S'ha d'impermeabilitzar el terra externament mitjançant la disposició d'una làmina sobre la capa base de regulació del terreny.  
Si la làmina és adherida s'ha de disposar una *capa antipunxonament* per damunt seu.  
Si la làmina és no adherida aquesta s'ha de protegir per les dues cares amb les respectives *capes antipunxonament*.  
Quan el terra sigui una placa, la làmina ha de ser doble.

## Document bàsic HS Salubritat

- I2 S'ha d'impermeabilitzar, mitjançant la disposició sobre la capa de formigó de neteja d'una làmina, la base de la sabata en el cas de mur flexoresistent i la base del mur en el cas de mur per gravetat.  
Si la làmina és adherida s'ha de disposar una *capa antipunxonament* per damunt seu.  
Si la làmina és no adherida aquesta s'ha de protegir per les dues cares amb les respectives *capes antipunxonament*.  
S'han de segellar els punts d'unió de la làmina d'impermeabilització del terra amb la de la base del mur o sabata.
- D) Drenatge i evacuació:
- D1 S'ha de disposar una capa drenant i una capa filtrant sobre el terreny situat sota el terra. En cas que s'utilitzi com a capa drenant un emmacat, s'ha de disposar una làmina de polietilè per damunt seu.
- D2 S'han de col·locar tubs drenants, connectats a la xarxa de sanejament o a qualsevol sistema de recollida per a la seva reutilització posterior, en el terreny situat sota el terra i, quan la connexió esmentada estigui situada per damunt de la xarxa de drenatge, almenys una cambra de bombament amb dues bombes de buidatge.
- D3 S'han de col·locar tubs drenants, connectats a la xarxa de sanejament o a qualsevol sistema de recollida per a la seva reutilització posterior, a la base del mur i, quan la connexió esmentada estigui situada per damunt de la xarxa de drenatge, almenys una cambra de bombament amb dues bombes de buidatge.  
En el cas de murs pantalla els tubs drenants s'han de col·locar a un metre per sota del terra i repartits uniformement al costat del mur pantalla.
- D4 S'ha de disposar un pou drenant per cada 800 m<sup>2</sup> en el terreny situat sota el terra. El diàmetre interior del pou ha de ser com a mínim igual a 70 cm. El pou ha de disposar d'un envoltant filtrant capaç d'impedir l'arrossegament de fins del terreny. S'han de disposar dues bombes de buidatge, una connexió per a l'evacuació a la xarxa de sanejament o a qualsevol sistema de recollida per a la seva reutilització posterior i un dispositiu automàtic perquè el buidatge sigui permanent.
- P) Tractament perimètric:
- P1 La superfície del terreny en el perímetre del mur s'ha de tractar per limitar l'aportació d'aigua superficial al terreny mitjançant la disposició d'una vorera, una rasa drenant o qualsevol altre element que produeixi un efecte anàleg.
- P2 S'ha d'encastar la vora de la placa o de la solera al mur.
- S) Segellament de juntures:
- S1 S'han de segellar els punts d'unió de les làmines d'impermeabilització del mur amb les del terra i amb les disposades a la base inferior de les fonamentacions que estiguin en contacte amb el mur.
- S2 S'han de segellar totes les juntures del terra amb banda de PVC o amb perfils de cautxú expansiu o de bentonita de sodi.
- S3 S'han de segellar els punts d'unió entre el terra i el mur amb banda de PVC o amb perfils de cautxú expansiu o de bentonita de sodi, segons el que estableix l'apartat 2.2.3.1.
- V) Ventilació de la cambra:
- V1 L'espai existent entre el *terra elevat* i el terreny s'ha de ventilar cap a l'exterior mitjançant obertures de ventilació repartides al 50% entre dues parets enfrontades, disposades regularment i a portell. La relació entre l'àrea efectiva total de les obertures,  $S_s$ , en cm<sup>2</sup>, i la superfície del *terra elevat*,  $A_s$ , en m<sup>2</sup> ha de complir la condició:
- $$30 > \frac{S_s}{A_s} > 10 \quad (2.2)$$
- La distància entre obertures de ventilació contigües no ha de ser més gran que 5 m.

**2.2.3 Condicions dels punts singulars**

1 S'han de respectar les condicions de disposició de bandes de reforç i de terminació, les de continuïtat o discontinuïtat, així com qualsevol altra que afecti el disseny, relatives al sistema d'impermeabilització que s'utilitzi.

### 2.2.3.1 Unions del terra amb els murs

- 1 En els casos establerts en la taula 2.4 la unió s'ha de realitzar de la forma detallada a continuació.
- 2 Quan el terra i el mur siguin formigonats in situ, excepte en el cas de murs pantalla, s'ha de segellar la juntura entre tots dos amb una banda elàstica embotida en la massa del formigó als dos costats de la juntura.
- 3 Quan el mur sigui un mur pantalla formigonat in situ, el terra s'ha d'encastar i segellar en l'intradós del mur de la manera següent (vegeu la figura 2.3):
  - a) s'ha d'obrir una regata horitzontal a l'intradós del mur de 3 cm de profunditat com a màxim que doni cabuda a terra més 3 cm d'amplada com a mínim;
  - b) s'ha de formigonar el terra massissant la regata excepte la seva vora superior, que s'ha de segellar amb un perfil expansiu.

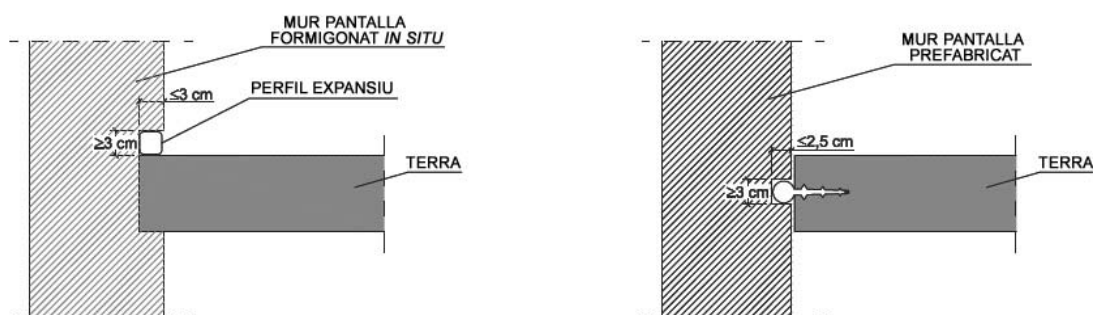


Figura 2.3 Exemples d'unió del terra amb un mur

- 4 Quan el mur sigui prefabricat s'ha de segellar la juntura conformada amb un perfil expansiu situat a l'interior de la juntura (vegeu la figura 2.3).

### 2.2.3.2 Unions entre terres i particions interiors

- 1 Quan el terra s'impermeabilitzi per l'interior, la partició no s'ha de recolzar sobre la capa d'impermeabilització, sinó sobre la capa de protecció d'aquesta.

## 2.3 Façanes

### 2.3.1 Grau d'impermeabilitat

- 1 El grau d'impermeabilitat mínim exigint a les façanes enfront de la penetració de les precipitacions s'obté en la taula 2.5 en funció de la zona pluviomètrica de mitjanes i del grau d'exposició al vent corresponents al lloc d'ubicació de l'edifici. Aquests paràmetres es determinen de la manera següent:

- a) la zona pluviomètrica de mitjanes s'obté de la figura 2.4;
- b) el grau d'exposició al vent s'obté en la taula 2.6 en funció de l'altura de coronació de l'edifici sobre el terreny, de la zona eòlica corresponent al punt d'ubicació, obtinguda de la figura 2.5, i de la classe de l'entorn en el qual està situat l'edifici que ha de ser E0 quan es tracti d'un terreny tipus I, II o III i E1 en els altres casos, segons la classificació establerta en el DB SE:

Terreny tipus I: vora del mar o d'un llac amb una zona sense aigua (en la direcció del vent) d'una extensió mínima de 5 km.

Terreny tipus II: terreny pla sense obstacles d'envergadura.

Terreny tipus III: zona rural amb alguns obstacles aïllats com ara arbres o construccions de petites dimensions.

Terreny tipus IV: zona urbana, industrial o forestal.

Terreny tipus V: centres de grans ciutats, amb profusió d'edificis en altura.

Document bàsic HS Salubritat

Taula 2.5 Grau d'impermeabilitat mínim exigít a les façanes

		Zona pluviomètrica de mitjanes				
		I	II	III	IV	V
Grau d'exposició al vent	V1	5	5	4	3	2
	V2	5	4	3	3	2
	V3	5	4	3	2	1



Figura 2.4 Zones pluviomètriques de mitjanes en funció de l'índex pluviomètric anual

Taula 2.6 Grau d'exposició al vent

		Classe de l'entorn de l'edifici					
		E1			E0		
		Zona eòlica			Zona eòlica		
		A	B	C	A	B	C
Altura de l'edifici en m	≤15	V3	V3	V3	V2	V2	V2
	16 - 40	V3	V2	V2	V2	V2	V1
	41 - 100 <sup>(1)</sup>	V2	V2	V2	V1	V1	V1

<sup>(1)</sup> Per a edificis de més de 100 m d'altura i per als que estan pròxims a un desnivell molt pronunciat, el grau d'exposició al vent ha de ser estudiat segons el que disposa el DB-SE-AE.

Document bàsic HS Salubritat

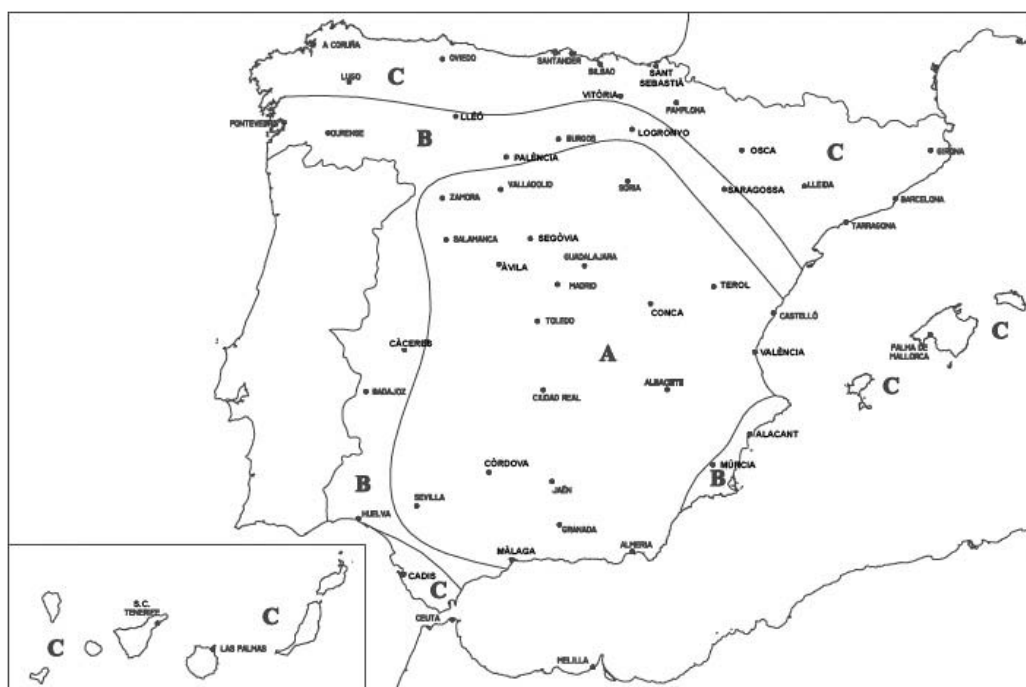


Figura 2.5 Zones eòliques

2.3.2 Condicions de les solucions constructives

1 Les condicions exigides a cada solució constructiva en funció de l'existència o no de revestiment exterior i del grau d'impermeabilitat s'obtenen en la taula 2.7. En alguns casos aquestes condicions són úniques i en altres es presenten conjunts optatius de condicions.

Taula 2.7 Condicions de les solucions de façana

		Amb revestiment exterior			Sense revestiment exterior			
Grau d'impermeabilitat	≤1	R1+C1 <sup>(1)</sup>			C1 <sup>(1)</sup> +J1+N1			
	≤2				B1+C1+J1+N1	C2+H1+J1+N1	C2+J2+N2	C1 <sup>(1)</sup> +H1+J2+N2
	≤3	R1+B1+C1	R1+C2	B2+C1+J1+N1	B1+C2+H1+J1+N1	B1+C2+J2+N2	B1+C1+H1+J2+N2	
	≤4	R1+B2+C1	R1+B1+C2	R2+C1 <sup>(1)</sup>	B2+C2+H1+J1+N1	B2+C2+J2+N2	B2+C1+H1+J2+N2	
	≤5	R3+C1	B3+C1	R1+B2+C2	R2+B1+C1	B3+C1		

<sup>(1)</sup> Quan la façana sigui d'un sol full, s'ha d'utilitzar C2.

2 Tot seguit es descriuen les condicions agrupades en blocs homogenis. En cada bloc el número de la denominació de la condició indica el nivell de prestació de tal manera que un número més gran correspon a una prestació millor, per la qual cosa qualsevol condició pot substituir en la taula les que tinguin el número de denominació més petit del seu mateix bloc.

R) Resistència a la filtració del revestiment exterior:

R1 El revestiment exterior ha de tenir almenys una resistència mitjana a la filtració. Es considera que proporcionen aquesta resistència els següents:

- revestiments continus de les característiques següents:
- guix comprès entre 10 i 15 mm, llevat dels acabats amb una capa plàstica prima;

## Document bàsic HS Salubritat

- adherència al suport suficient per garantir la seva estabilitat;
  - *permeabilitat al vapor* suficient per evitar el seu deteriorament com a conseqüència d'una acumulació de vapor entre ell i el *full principal*;
  - adaptació als moviments del suport i comportament acceptable enfront de la fissuració;
  - quan es disposa en façanes amb l'aïllant per l'exterior del full principal, compatibilitat química amb l'aïllant i disposició d'una armadura constituïda per una malla de fibra de vidre o de polièster.
- revestiments discontinus rígids enganxats de les característiques següents:
- de peces menors de 300 mm de banda;
  - fixació al suport suficient per garantir la seva estabilitat;
  - disposició a la cara exterior del *full principal* d'un arrebossat de morter;
  - adaptació als moviments del suport.
- R2 *El revestiment exterior* ha de tenir almenys una resistència alta a la filtració. Es considera que proporcionen aquesta resistència els revestiments discontinus rígids fixats mecànicament disposats de tal manera que tinguin les mateixes característiques establertes per als discontinus de R1, excepte la de la mida de les peces.
- R3 El revestiment exterior ha de tenir una resistència molt alta a la filtració. Es considera que proporcionen aquesta resistència els següents:
- revestiments continus de les característiques següents:
- estanquitat a l'aigua suficient perquè l'aigua de filtració no entri en contacte amb el full del tanca ment disposat immediatament pel seu interior;
  - adherència al suport suficient per garantir-ne l'estabilitat;
  - *permeabilitat al vapor* suficient per evitar el seu deteriorament com a conseqüència d'una acumulació de vapor entre aquest i el *full principal*;
  - adaptació als moviments del suport i comportament molt bo enfront de la fissuració, de manera que no es fissuri a causa dels esforços mecànics produïts pel moviment de l'estructura, pels esforços tèrmics relacionats amb el clima i amb l'alternança dia-nit, ni per la retracció pròpia del seu material constituent;
  - estabilitat enfront dels atacs físics, químics i biològics que eviti la degradació de la seva massa.
- revestiments discontinus fixats mecànicament d'algun dels elements següents disposats de tal manera que tinguin les mateixes característiques establertes per als discontinus de R1, excepte la de la mida de les peces:
- escames: elements manufacturats de petites dimensions (pissarra, peces de fibrociment, fusta, productes de fang);
  - lamel·les: elements que tenen una dimensió petita i l'altra gran (lamel·les de fusta, metall);
  - plaques: elements de grans dimensions (fibrociment, metall);
  - sistemes derivats: sistemes formats per qualsevol dels elements discontinus anteriors i un aïllament tèrmic.
- B) Resistència a la filtració de la barrera contra la penetració d'aigua:
- B1 S'ha de disposar almenys una barrera de resistència mitjana a la filtració. Es consideren com a tal els elements següents:
- cambra d'aire sense ventilar;

---

**Document bàsic HS Salubritat**

---

- *aïllant no hidròfil* col·locat a la cara interior del *full principal*.

B2 S'ha de disposar almenys una barrera de resistència alta a la filtració. Es consideren com a tal els elements següents:

- cambra d'aire sense ventilar i *aïllant no hidròfil* disposats per l'interior del *full principal*, amb la cambra situada pel costat exterior de l'aïllant;
- *aïllant no hidròfil* disposat per l'exterior del *full principal*.

B3 S'ha de disposar una barrera de resistència molt alta a la filtració. Es consideren com a tal els següents:

- una cambra d'aire ventilada i un *aïllant no hidròfil* de les característiques següents:
  - la cambra s'ha de disposar pel costat exterior de l'aïllant;
  - s'ha de disposar a la part inferior de la cambra un sistema de recollida i evacuació de l'aigua filtrada en aquesta (vegeu l'apartat 2.3.3.5);
  - el gruix de la cambra ha d'estar comprès entre 3 i 10 cm;
  - s'ha de disposar d'obertures de ventilació l'àrea efectiva total de les quals sigui com a mínim igual a 120 cm<sup>2</sup> per cada 10 m<sup>2</sup> de pany de façana entre forjats repartides al 50% entre la part superior i la inferior. Es poden utilitzar com a obertures reixetes, junteres verticals desproveïdes de morter, junteres obertes als revestiments discontinus que tinguin una amplada més gran que 5 mm o una altra solució que produeixi el mateix efecte.
- revestiment continu de les característiques següents:
  - estanquitat a l'aigua suficient perquè l'aigua de filtració no entri en contacte amb el full del tancament disposat immediatament pel seu interior;
  - adherència al suport suficient per garantir-ne l'estabilitat;
  - permeabilitat suficient al vapor per evitar el seu deteriorament com a conseqüència d'una acumulació de vapor entre ell i el *full principal*;
  - adaptació als moviments del suport i comportament molt bo enfront de la fissuració, de manera que no es fissuri a causa dels esforços mecànics produïts pel moviment de l'estructura, pels esforços tèrmics relacionats amb el clima i amb l'alternança dia-nit, ni per la retracció pròpia del material constituent d'aquest;
  - estabilitat enfront dels atacs físics, químics i biològics que eviti la degradació de la seva massa.

C) Composició del *full principal*:

C1 S'ha d'utilitzar almenys un *full principal* de gruix mitjà. Es considera com a tal una fàbrica agafada amb morter de:

- ½ peu de maó ceràmic, que ha de ser perforat o massís quan no hi hagi *revestiment exterior* o quan hi hagi un *revestiment exterior discontinu* o un *aïllant exterior* fixats mecànicament;
- 12 cm de bloc ceràmic, bloc de formigó o pedra natural.

C2 S'ha d'utilitzar un *full principal* de gruix alt. Es considera com a tal una fàbrica agafada amb morter de:

- 1 peu de maó ceràmic, que ha de ser perforat o massís quan no hi hagi *revestiment exterior* o quan hi hagi un *revestiment exterior discontinu* o un *aïllant exterior* fixats mecànicament;
- 24 cm de bloc ceràmic, bloc de formigó o pedra natural.



## Document bàsic HS Salubritat

H) Higroscopicitat del material component del full principal:

H1 S'ha d'utilitzar un material d'*higroscopicitat* baixa, que correspon a una fàbrica de:

- maó ceràmic d'*absorció*  $\leq 10\%$ , segons l'assaig descrit a UNE 67 027:1984;
- pedra natural d'*absorció*  $\leq 2\%$ , segons l'assaig descrit a UNE-EN 13755:2002.

J) Resistència a la filtració de les juntures entre les peces que componen el *full principal*:

J1 Les juntures han de ser almenys de resistència mitjana a la filtració. Es consideren com a tals les juntures de morter sense interrupció, excepte en el cas de les juntures dels blocs de formigó, que s'interrompen a la part intermèdia del full;

J2 Les juntures han de ser de resistència alta a la filtració. Es consideren com a tals les juntures de morter amb addició d'un producte hidròfug, de les característiques següents:

- sense interrupció, excepte en el cas de les juntures dels blocs de formigó, que s'interrompen a la part intermèdia del full;
- juntures horitzontals rejuntades o de bec de flauta;
- quan el sistema constructiu així ho permeti, amb una rejuntada d'un morter més ric.

Vegeu apartat 5.1.3.1 per a condicions d'execució relatives a les juntures.

N) Resistència a la filtració del revestiment intermedi a la cara interior del *full principal*:

N1 S'ha d'utilitzar almenys un revestiment de resistència mitjana a la filtració. Es considera com a tal un arrebossat de morter amb un gruix mínim de 10 mm.

N2 S'ha d'utilitzar un revestiment de resistència alta a la filtració. Es considera com a tal un arrebossat de morter amb additius hidròfugs amb un gruix mínim de 15 mm o un material adherit, continu, sense juntures i impermeable a l'aigua del mateix gruix.

### 2.3.3 Condicions dels punts singulars

1 S'han de respectar les condicions de disposició de bandes de reforç i de terminació, així com les de continuïtat o discontinuïtat relatives al sistema d'impermeabilització que s'utilitzi.

#### 2.3.3.1 Juntes de dilatació

1 S'han de disposar juntures de dilatació en el *full principal* de tal manera que cada juntura estructural coincideixi amb una d'elles i que la distància entre juntures de dilatació contigües sigui com a màxim la que figura en la taula 2.8.

Taula 2.8 Distància entre juntures de dilatació

Material component dels elements de la fàbrica	Distància màxima entre juntures verticals de dilatació del full principal en m
Argila cuïta	12
Silicocalcaris	8
Formigó	6
Formigó cel·lular curat en autoclau	6
Pedra natural	12

2 En les juntures de dilatació del *full principal* s'ha de col·locar un segellador sobre un rebliment introduït a la juntura. S'han d'utilitzar rebliments i segelladors de materials que tinguin una elasticitat i una adheència suficients per absorbir els moviments del full previstos i que siguin impermeables i resistents als agents atmosfèrics. La profunditat del segellador ha de ser més gran o igual que 1 cm i la relació entre el seu gruix i la seva amplada ha d'estar compresa entre 0,5 i 2. En façanes amb arrebossat s'ha d'enrasar amb el parament del *full principal* sense arrebossar. Quan s'utilitzin xapes metàl·liques a les juntures de dilatació, s'han de disposar de tal manera que aquestes cobreixin als dos costats de la juntura una banda de mur de 5 cm com a mínim i cada xapa s'ha de fixar mecànicament en la banda esmentada i segellar-se el seu extrem corresponent (vegeu la figura 2.6).

3 El revestiment exterior ha d'estar proveït de junteres de dilatació de tal manera que la distància entre junteres contigües sigui suficient per evitar-ne l'esquerdament.



Figura 2.6 Exemples de junteres de dilatació

### 2.3.3.2 Arrencada de la façana des de la fonamentació

1 S'ha de disposar una barrera impermeable que cobreixi tot el gruix de la façana a més de 15 cm per damunt del nivell del terra exterior per evitar l'ascens d'aigua per capil·laritat o adoptar-se una altra solució que produeixi el mateix efecte.

2 Quan la façana estigui constituïda per un material porós o tingui un revestiment porós, per protegir-la de les esquitxades, s'ha de disposar un sòcol d'un material el coeficient de succió del qual sigui menor que el 3%, de més de 30 cm d'altura sobre el nivell del terra exterior que cobreixi l'impermeabilitzant del mur o la barrera impermeable disposada entre el mur i la façana, i segellar-se la unió amb la façana en la seva part superior, o s'ha d'adoptar una altra solució que produeixi el mateix efecte (vegeu la figura 2.7).

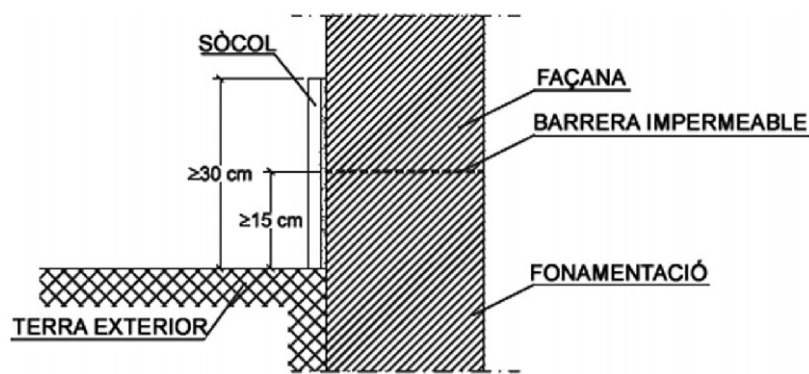


Figura 2.7 Exemple d'arrencada de la façana des de la fonamentació

3 Quan no sigui necessària la disposició del sòcol, la barrera impermeable a l'exterior de la façana s'ha de rematar segons el que es descriu en l'apartat 2.4.4.1.2 o disposant un segellament.

### 2.3.3.3 Unions de la façana amb els forjats

1 Quan el *full principal* estigui interromput pels forjats i es tingui *revestiment exterior* continu, s'ha d'adoptar una de les dues solucions següents (vegeu la figura 2.8):

a) disposició d'una junta de dessolidarització entre el *full principal* i cada forjat per sota d'aquests deixant un espai de 2 cm que s'ha d'omplir després de la retracció del *full principal* amb un material que tingui una elasticitat compatible amb la deformació prevista del forjat i protegir-se de la filtració amb un goteró;

b) reforç del *revestiment exterior* amb armadures disposades al llarg del forjat de tal manera que sobrepassin l'element fins a 15 cm per damunt del forjat i 15 cm per sota de la primera filada de la fàbrica.

## Document bàsic HS Salubritat

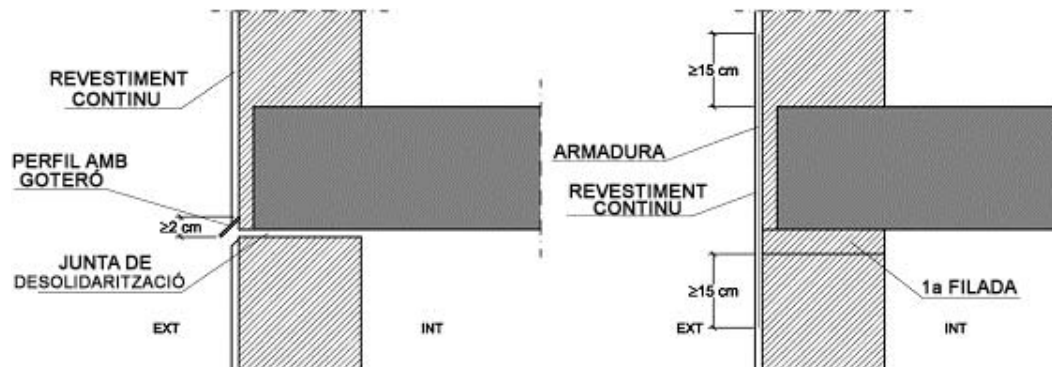


Figura 2.8 Exemples d'unions de la façana amb els forjats

- 2 Quan en altres casos es disposi una junta de desolidarització, aquesta ha de tenir les característiques anteriorment esmentades.
- 3 Quan el parament exterior del *full principal* sobresurti de la vora del forjat, la volada ha de ser menor que 1/3 del gruix d'aquest full.
- 4 Quan el forjat sobresurti del pla exterior de la façana ha de tenir un pendent cap a l'exterior per evacuar l'aigua de 10° com a mínim i s'ha de disposar un goteró a la seva vora.

#### 2.3.3.4 Unions de la façana amb els pilars

- 1 Quan el *full principal* estigui interromput pels pilars, en el cas de façana amb *revestiment continu*, s'ha de reforçar aquest amb armadures disposades al llarg del pilar de tal manera que el sobrepassin 15 cm pels dos costats.
- 2 Quan el *full principal* estigui interromput pels pilars, si es col·loquen peces de menor gruix que el *full principal* per la part exterior dels pilars, per aconseguir l'estabilitat d'aquestes peces, s'ha de disposar una armadura o qualsevol altra solució que produeixi el mateix efecte (vegeu la figura 2.9).

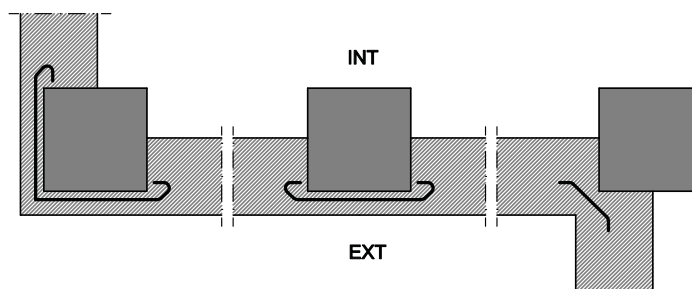


Figura 2.9 Exemple d'unions de la façana amb els pilars

#### 2.3.3.5 Unions de la cambra d'aire ventilada amb els forjats i les llindes

- 1 Quan la cambra quedi interrompuda per un forjat o una llinda, s'ha de disposar un sistema de recollida i evacuació de l'aigua filtrada o condensada en aquesta.
- 2 Com a sistema de recollida d'aigua s'ha d'utilitzar un element continu impermeable (làmina, perfil especial, etc.) disposat al llarg del fons de la cambra, amb inclinació cap a l'exterior, de tal manera que la seva vora superior estigui situada com a mínim a 10 cm del fons i almenys 3 cm per damunt del punt més alt del sistema d'evacuació (vegeu la figura 2.10). Quan es disposi una làmina, aquesta s'ha d'introduir en el full interior en tot el seu gruix.
- 3 Per a l'evacuació s'ha de disposar un dels sistemes següents:
  - a) un conjunt de tubs de material estanc que condueixin l'aigua a l'exterior, separats 1,5 m com a màxim (vegeu la figura 2.10);

## Document bàsic HS Salubritat

b) un conjunt de juntures verticals de la primera filada desproveïdes de morter, separades 1,5 m com a màxim, al llarg de les quals es prolonga fins a l'exterior l'element de recollida disposat al fons de la cambra.

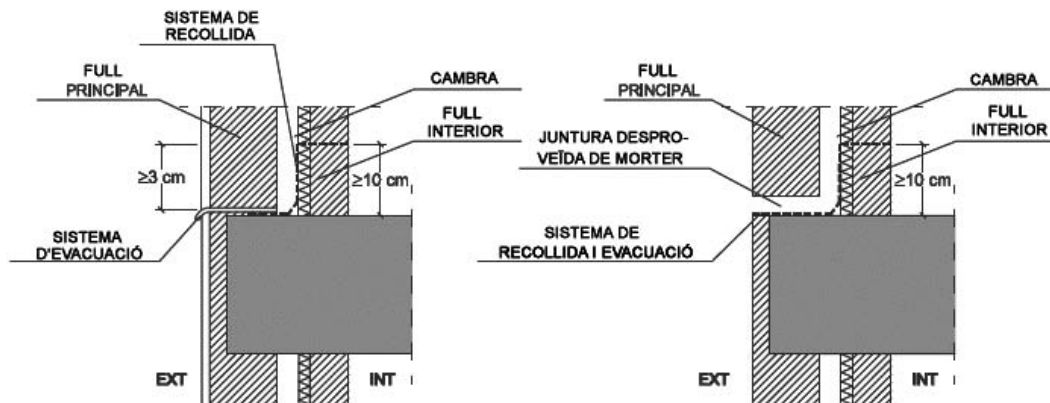


Figura 2.10 Exemple d'unió de la cambra amb els forjats

### 2.3.3.6 Unió de la façana amb els tancaments

1 Quan el grau d'impermeabilitat exigít sigui igual a 5, si els tancaments estan reculats respecte al parament exterior de la façana, s'ha de disposar un bastiment de base i s'ha de col·locar una barrera impermeable als muntants entre el full principal i el bastiment de base, o si s'escau el marc, prolongat 10 cm cap a l'interior del mur (vegeu la figura 2.11).

2 S'ha de segellar la junta entre el bastiment i el mur amb un cordó que ha d'estar introduït en una junta vertical practicada en el mur de manera que quedi encaixat entre dues vores paral·leles.

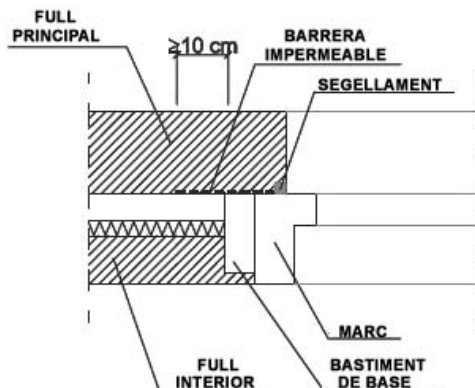


Figura 2.11 Exemple d'unió de la façana amb els tancaments

3 Quan els tancaments estiguin reculats respecte al parament exterior de la façana, s'ha de rematar l'ampit amb un trencaigües per evacuar cap a l'exterior l'aigua de pluja que hi caigui i evitar que arribi a la part de la seva façana immediatament inferior i disposar un goteró a la llinda per evitar que l'aigua de pluja discorri per la part inferior de la llinda cap als tancaments o adoptar solucions que produeixen els mateixos efectes.

4 El trencaigües ha de tenir un pendent cap a l'exterior de 10° com a mínim, ha de ser impermeable o disposar-se sobre una barrera impermeable fixada al bastiment o al mur que es prolongui per la part del darrere i pels dos costats del trencaigües i que tingui un pendent cap a l'exterior de 10° com a mínim. El trencaigües ha de disposar d'un goteró a la cara inferior del sortint, separat del parament exterior de la façana almenys 2 cm, i el seu acord lateral en el muntant ha de ser de 2 cm com a mínim (vegeu la figura 2.12).

5 La junta de les peces amb goteró ha de tenir la forma d'aquest per no crear a través seu un pont cap a la façana.

## Document bàsic HS Salubritat

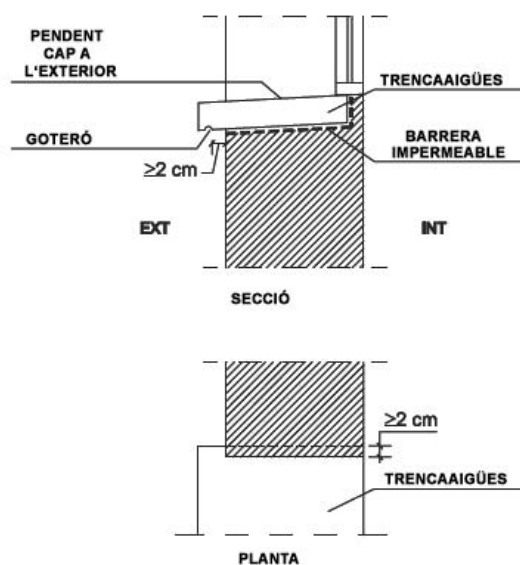


Figura 2.12 Exemple de trencaigües

**2.3.3.7 Ampits i perfils superiors de les façanes**

1 Els ampits s'han de rematar amb cavallons per evacuar l'aigua de pluja que caigui a la seva part superior i evitar que arribi a la part de la façana immediatament inferior a aquesta o s'ha d'adoptar una altra solució que produeixi el mateix efecte.

2 Els cavallons han de tenir una inclinació de 10° com a mínim, han de disposar de goterons a la cara inferior dels sortints cap als quals discorre l'aigua, separats dels paraments corresponents de l'ampit almenys 2 cm i han de ser impermeables o s'han de disposar sobre una barrera impermeable que tingui un pendent cap a l'exterior de 10° com a mínim. S'han de disposar juntures de dilatació cada dues peces quan siguin de pedra o prefabricades i cada 2 m quan siguin ceràmiques. Les juntures entre els cavallets s'han de realitzar de tal manera que siguin impermeables amb un segellament adequat.

**2.3.3.8 Ancoratges a la façana**

1 Quan els ancoratges d'elements com ara baranes o pals es realitzin en un pla horitzontal de la façana, la junta entre l'ancoratge i la façana s'ha de realitzar de tal manera que s'impedeixi l'entrada d'aigua a través seu mitjançant el segellament, un element de goma, una peça metàl·lica o un altre element que produeixi el mateix efecte.

**2.3.3.9 Ràfecs i cornises**

1 Els ràfecs i les cornises de constitució contínua han de tenir un pendent cap a l'exterior per evacuar l'aigua de 10° com a mínim i els que sobresurtin més de 20 cm del pla de la façana han de

a) ser impermeables o tenir la cara superior protegida per una barrera impermeable, per evitar que l'aigua es filtri a través seu;

b) disposar en la unió amb el parament vertical d'elements de protecció prefabricats o realitzats *in situ* que s'estenguin cap a dalt almenys 15 cm i el perfil superior del qual es resolgui de manera similar a la descrita en l'apartat 2.4.4.1.2, per evitar que l'aigua es filtri en la unió i en el perfil superior;

c) disposar un goteró a la vora exterior de la cara inferior per evitar que l'aigua de pluja evacuada arribi a la façana per la part immediatament inferior a aquest.

2 En cas que no s'ajustin a les condicions abans exposades, s'ha d'adoptar una altra solució que produeixi el mateix efecte.

3 La junta de les peces amb goteró ha de tenir la forma d'aquest per no crear a través seu un pont cap a la façana.

## 2.4 Cobertes

### 2.4.1 Grau d'impermeabilitat

1 Per a les cobertes el *grau d'impermeabilitat* exigít és únic i independent de factors climàtics. Qualsevol *solució constructiva* assoleix aquest *grau d'impermeabilitat* sempre que es compleixin les condicions indicades a continuació.

### 2.4.2 Condicions de les solucions constructives

1 Les cobertes han de disposar dels elements següents:

a) un sistema de formació de pendents quan la coberta sigui plana o quan sigui inclinada i el seu suport resistent no tingui el pendent adequat al tipus de protecció i d'impermeabilització que es vagi a utilitzar;

b) una *barrera contra el vapor* immediatament per sota de l'*aïllant tèrmic* quan, segons el càlcul descrit en la secció HE1 del DB "Estalvi d'energia", es prevegi que vagin a produir-se condensacions en l'element esmentat;

c) una *capa separadora* sota l'*aïllant tèrmic*, quan s'hagi d'evitar el contacte entre materials químicament incompatibles o l'adherència entre la impermeabilització i l'element que serveix de suport en sistemes no adherits;

d) un *aïllant tèrmic*, segons es determini en la secció HE1 del DB "Estalvi d'energia";

e) una *capa separadora* sota la capa d'impermeabilització, quan s'hagi d'evitar el contacte entre materials químicament incompatibles o l'adherència entre la impermeabilització i l'element que serveix de suport en sistemes no adherits;

f) una capa d'impermeabilització quan la coberta sigui plana o quan sigui inclinada i el sistema de formació de pendents no tingui el pendent exigít en la taula 2.15 o el cavalcament de les peces de la protecció sigui insuficient;

g) una *capa separadora* entre la capa de protecció i la capa d'impermeabilització, quan

i) s'hagi d'evitar l'adherència entre les dues capes;

ii) la impermeabilització tingui una resistència petita al punxonament estàtic;

iii) s'utilitzi com a capa de protecció paviment flotant col·locat sobre suports, grava, una capa de rodolament de formigó, una capa de rodolament d'aglomerat asfàltic disposada sobre una capa de morter o terra vegetal; en aquest últim cas, a més, s'ha de disposar immediatament per damunt de la *capa separadora* una capa drenant i sobre aquesta una capa filtrant; en el cas d'utilitzar-se grava, la *capa separadora* ha de ser antipunxonament;

h) una *capa separadora* entre la capa de protecció i l'*aïllant tèrmic*, quan

i) s'utilitzi terra vegetal com a capa de protecció; a més s'ha de disposar immediatament per damunt d'aquesta *capa separadora* una capa drenant i sobre aquesta una capa filtrant;

ii) la coberta sigui transitable per a vianants; en aquest cas la *capa separadora* ha de ser antipunxonament;

iii) s'utilitzi grava com a capa de protecció; en aquest cas la *capa separadora* ha de ser filtrant, capaç d'impedir el pas d'àrids fins i antipunxonament;

i) una capa de protecció, quan la coberta sigui plana, llevat que la capa d'impermeabilització sigui autoprotegida;

j) una teulada, quan la coberta sigui inclinada;

k) un sistema d'evacuació d'aigües, que pot constar de canalons, embornals i sobreeixidors, dimensionat segons el càlcul descrit en la secció HS 5 del DB-HS.

## Document bàsic HS Salubritat

## 2.4.3 Condicions dels components

## 2.4.3.1 Sistema de formació de pendents

1 El sistema de formació de pendents ha de tenir una cohesió i estabilitat suficients enfront de les sol·licitacions mecàniques i tèrmiques, i la seva constitució ha de ser adequada per al rebut o fixació de la resta de *components*.

2 Quan el sistema de formació de pendents sigui l'element que serveix de suport a la capa d'impermeabilització, el material que el constitueix ha de ser compatible amb el material impermeabilitzant i amb la forma d'unió a l'esmentat impermeabilitzant.

3 El sistema de formació de pendents en cobertes planes ha de tenir un pendent cap als elements d'evacuació d'aigua inclòs dins dels intervals que figuren en la taula 2.9 en funció de l'ús de la coberta i del tipus de protecció.

Taula 2.9 Pendents de cobertes planes

Ús	Protecció	Pendent en %
Transitables	Vianants	Paviment fix 1-5 <sup>(1)</sup>
	Vehicles	Paviment flotant 1-5
		Capa de rodolament 1-15
No transitables	Grava	1-5
	Làmina autoprotegida	1-15
Enjardinats	Terra vegetal	1-5

<sup>(1)</sup> Per a rampes no s'aplica la limitació de pendent màxim.

4 El sistema de formació de pendents en cobertes inclinades, quan aquestes no tinguin capa d'impermeabilització, ha de tenir un pendent cap als elements d'evacuació d'aigua més gran que l'obtingut en la taula 2.10 en funció del tipus de protecció.

Taula 2.10 Pendents de cobertes inclinades

		Pendent mínim en %		
Teula <sup>(3)</sup>	Teula corba	26		
	Teula mixta i plana monocanal	30		
	Teula plana marsellesa o alacantina	40		
	Teula plana amb encaix	50		
Pissarra		60		
Protecció <sup>(1) (2)</sup>	Zinc	10		
	Fibrociment	Plaques simètriques d'ona gran	10	
		Plaques asimètriques de nervadura gran	10	
		Plaques asimètriques de nervadura mitjana	25	
		Sintètics	Perfils d'ondulat gran	10
	Plaques i perfils	Perfils d'ondulat petit	15	
		Perfils de grecat gran	5	
		Perfils de grecat mitjà	8	
		Perfils nervats	10	
		Galvanitzats	Perfils d'ondulat petit	15
			Perfils de grecat o nervat gran	5
	Perfils de grecat o nervat mitjà		8	
	Aliatges lleugers	Perfils de nervat petit	10	
		Panells	5	
		Perfils d'ondulat petit	15	
	Perfils de nervat mitjà	5		

<sup>(1)</sup> En cas de cobertes amb diversos sistemes de protecció superposats s'estableix com a pendent mínim el més gran dels pendents per a cada un dels sistemes de protecció.

<sup>(2)</sup> Per als sistemes i peces de format especial els pendents s'han d'establir d'acord amb les corresponents especificacions aplicables.

<sup>(3)</sup> Aquests pendents són per a aiguavessos menors a 6,5 m, una situació d'exposició normal i una situació climàtica desfavorable; per a condicions diferents d'aquestes, s'ha de prendre el valor del pendent mínim establert a la norma UNE 127.100 ("Teules de formigó. Codi de pràctica per a la concepció i el muntatge de cobertes amb teules de formigó") o a la norma UNE 136.020 ("Teules ceràmiques. Codi de pràctica per a la concepció i el muntatge de cobertes amb teules ceràmiques").

---

**Document bàsic HS Salubritat**

---

**2.4.3.2 Aïllant tèrmic**

- 1 El material de l'*aïllant tèrmic* ha de tenir una cohesió i una estabilitat suficients per proporcionar al sistema la solidesa necessària enfront de les sol·licitacions mecàniques.
- 2 Quan l'*aïllant tèrmic* estigui en contacte amb la capa d'impermeabilització, els dos materials han de ser compatibles; en cas contrari, s'ha de disposar una *capa separadora* entre ells.
- 3 Quan l'*aïllant tèrmic* es disposi a sobre de la capa d'impermeabilització i quedi exposat al contacte amb l'aigua, aquest aïllant ha de tenir unes característiques adequades per a aquesta situació.

**2.4.3.3 Capa d'impermeabilització**

- 1 Quan es disposi una capa d'impermeabilització, s'ha d'aplicar i fixar d'acord amb les condicions per a cada tipus de material constitutiu d'aquesta.
- 2 Es poden usar els materials especificats a continuació o un altre material que produeixi el mateix efecte.

**2.4.3.3.1 Impermeabilització amb materials bituminosos i bituminosos modificats**

- 1 Les làmines poden ser d'oxiasfalt o de betum modificat.
- 2 Quan el pendent de la coberta sigui més gran que 15%, s'han d'utilitzar sistemes fixats mecànicament.
- 3 Quan el pendent de la coberta estigui comprès entre 5 i 15%, s'han d'utilitzar sistemes adherits.
- 4 Quan es vulgui independitzar l'impermeabilitzant de l'element que li serveix de suport per millorar l'absorció de moviments estructurals, s'han d'utilitzar sistemes no adherits.
- 5 Quan s'utilitzin sistemes no adherits, s'ha d'aplicar una capa de protecció pesant.

**2.4.3.3.2 Impermeabilització amb poli (clorur de vinil) plastificat**

- 1 Quan el pendent de la coberta sigui més gran que 15%, s'han d'utilitzar sistemes fixats mecànicament.
- 2 Quan la coberta no tingui protecció, s'han d'utilitzar sistemes adherits o fixats mecànicament.
- 3 Quan s'utilitzin sistemes no adherits, s'ha d'aplicar una capa de protecció pesant.

**2.4.3.3.3 Impermeabilització amb etilè propilè diè monòmer**

- 1 Quan el pendent de la coberta sigui més gran que 15%, s'han d'utilitzar sistemes fixats mecànicament.
- 2 Quan la coberta no tingui protecció, s'han d'utilitzar sistemes adherits o fixats mecànicament.
- 3 Quan s'utilitzin sistemes no adherits, s'ha d'aplicar una capa de protecció pesant.

**2.4.3.3.4 Impermeabilització amb poliolefines**

- 1 S'han d'utilitzar làmines d'alta flexibilitat.

**2.4.3.3.5 Impermeabilització amb un sistema de plaques**

- 1 El cavalcament de les plaques s'ha d'establir d'acord amb el pendent de l'element que els serveix de suport i altres factors relacionats amb la situació de la coberta, com ara *zona eòlica*, tempestes i altitud topogràfica.
- 2 S'ha de rebre o fixar al suport una quantitat de peces suficient per garantir la seva estabilitat depenent del pendent de la coberta, del tipus de peces i el cavalcament d'aquestes, així com de la zona geogràfica de l'emplaçament de l'edifici.



#### 2.4.3.4 Cambra d'aire ventilada

1 Quan es disposi una cambra d'aire, aquesta s'ha de situar a la banda exterior de l'*aïllant tèrmic* i ventilar mitjançant un conjunt d'obertures de tal manera que el quocient entre la seva àrea efectiva total,  $S_s$ , en  $\text{cm}^2$ , i la superfície de la coberta,  $A_c$ , en  $\text{m}^2$  compleixi la condició següent:

$$30 > \frac{S_s}{A_c} > 3 \quad (2.3)$$

#### 2.4.3.5 Capa de protecció

1 Quan es disposi una capa de protecció, el material que forma la capa ha de ser resistent a la intempèrie en funció de les condicions ambientals previstes i ha de tenir prou pes per contrarestar la succió del vent.

2 Es poden usar els materials següents o un altre material que produeixi el mateix efecte:

a) quan la coberta no sigui transitable, grava, paviment fix o flotant, morter, teules i altres materials que conformin una capa pesant i estable;

b) quan la coberta sigui transitable per a vianants, paviment fix, flotant o capa de rodolament; quan la coberta sigui transitable per a vehicles, capa de rodolament.

##### 2.4.3.5.1 Capa de grava

1 La grava pot ser solta o aglomerada amb morter.

2 La grava solta només es pot utilitzar en cobertes el pendent del qual sigui menor que el 5%.

3 La grava ha d'estar neta i no pot contenir substàncies estranyes. La seva mida ha d'estar compresa entre 16 i 32 mm i ha de formar una capa el gruix de la qual sigui igual a 5 cm com a mínim. S'ha d'establir el llast de grava adequat a cada part de la coberta en funció de les diferents zones d'exposició en aquesta.

4 S'han de disposar passadissos i zones de treball amb una capa de protecció d'un material apte per a cobertes transitables amb la finalitat de facilitar el trànsit en la coberta per realitzar les operacions de manteniment i evitar el deteriorament del sistema.

##### 2.4.3.5.2 Paviment fix

1 El paviment fix pot ser dels materials següents: rajoles rebudes amb morter, capa de morter, pedra natural rebuda amb morter, formigó, llamborda sobre llit de sorra, morter filtrant, aglomerat asfàltic o altres materials de característiques anàlogues.

2 El material que s'utilitzi ha de tenir una forma i unes dimensions compatibles amb el pendent.

3 Les peces no s'han de col·locar amb pedra seca.

##### 2.4.3.5.3 Paviment flotant

1 El paviment flotant pot ser de peces recolzades sobre suports, rajoles soltes amb *aïllant tèrmic* incorporat o altres materials de característiques anàlogues.

2 Les peces recolzades sobre suports s'han de disposar horitzontalment. Els suports han d'estar dissenyats i fabricats expressament per a aquest fi, han de tenir una plataforma de suport per repartir les càrregues i s'han de disposar sobre la *capa separadora* en el pla inclinat d'escorrentia. Les peces han de ser resistents als esforços de flexió als quals hagin de ser sotmeses.

3 Les peces o rajoles s'han de col·locar amb juntura oberta.

##### 2.4.3.5.4 Capa de rodolament

1 La capa de rodolament pot ser aglomerat asfàltic, capa de formigó, empedrat o altres materials de característiques anàlogues.

2 Quan l'aglomerat asfàltic s'aboqui en calent directament sobre la impermeabilització, el gruix mínim de la capa d'aglomerat ha de ser 8 cm.

---

**Document bàsic HS Salubritat**

---

3 Quan l'aglomerat asfàltic s'aboqui sobre una capa de morter disposada sobre la impermeabilització, s'ha d'interposar entre aquestes dues capes una *capa separadora* per evitar l'adherència entre elles de 4 cm de gruix com a màxim i armada de tal manera que se n'eviti la fissuració. Aquesta capa de morter s'ha d'aplicar sobre l'impermeabilitzant en els punts singulars que estiguin impermeabilitzats.

**2.4.3.6 Teulada**

4 Ha d'estar constituïda per peces de cobertura com ara teules, pissarra, plaques, etc. El cavalcament de les peces s'ha d'establir d'acord amb el pendent de l'element que els serveix de suport i d'altres factors relacionats amb la situació de la coberta, com ara *zona eòlica*, tempestes i altitud topogràfica.

5 S'ha de rebre o fixar al suport una quantitat de peces suficient per garantir la seva estabilitat depenent del pendent de la coberta, l'altura màxima de l'aiguavés, el tipus de peces i el cavalcament d'aquestes, així com de la ubicació de l'edifici.

**2.4.4 Condicions dels punts singulars****2.4.4.1 Cobertes planes**

1 S'han de respectar les condicions de disposició de bandes de reforç i de terminació, les de continuïtat o discontinuïtat, així com qualsevol altra que afecti el disseny, relatives al sistema d'impermeabilització que s'utilitzi.

**2.4.4.1.1 Juntes de dilatació**

1 S'han de disposar juntes de dilatació de la coberta i la distància entre juntes de dilatació contigües ha de ser com a màxim 15 m. Sempre que hi hagi un punt d'unió amb un parament vertical o una junta estructural s'ha de disposar una junta de dilatació coincidint amb ells. Les juntes han d'afectar les diferents capes de la coberta a partir de l'element que serveix de suport resistent. Les vores de les juntes de dilatació han de ser romes, amb un angle de 45° aproximadament, i l'amplada de la junta ha de ser més gran que 3 cm.

2 Quan la capa de protecció sigui de paviment fix, s'hi han de disposar juntes de dilatació. Aquestes juntes han d'afectar les peces, el morter d'unió i la capa base del paviment i s'han de disposar de la manera següent:

- a) coincidint amb les juntes de la coberta;
- b) en el perímetre exterior i interior de la coberta i en els punts d'unió amb paraments verticals i *elements passants*;
- c) en quadrícula, situades a 5 m com a màxim en cobertes no ventilades i a 7,5 m com a màxim en cobertes ventilades, de manera que les dimensions dels panys entre les juntes mantinguin com a màxim la relació 1:1,5.

3 A les juntes s'ha de col·locar un segellador disposat sobre un rebliment introduït al seu interior. El segellament ha de quedar enrasat amb la superfície de la capa de *protecció de la coberta*.

**2.4.4.1.2 Unió de la coberta amb un parament vertical**

1 La impermeabilització s'ha de prolongar pel parament vertical fins a una altura de 20 cm com a mínim per damunt de la *protecció de la coberta* (vegeu la figura 2.13).

2 La unió amb el parament s'ha de realitzar arrodonint-se amb un radi de curvatura de 5 cm aproximadament o aixamfranant-se una mesura anàloga segons el sistema d'impermeabilització.

## Document bàsic HS Salubritat

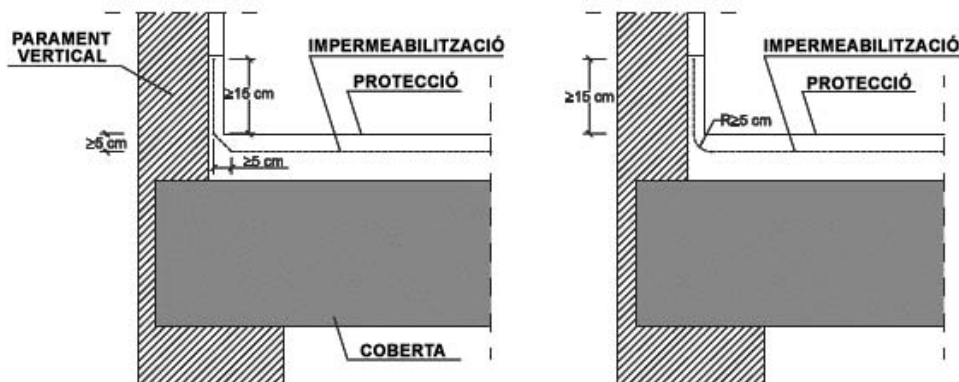


Figura 2.13 Unió de la coberta amb un parament vertical

3 Perquè l'aigua de les precipitacions o la que llisqui pel parament no es filtri pel perfil superior de la impermeabilització, s'ha d'acabar d'alguna de les formes següents o de qualsevol altra que produeixi el mateix efecte:

- a) mitjançant una regata de 3 x 3 cm com a mínim en la qual s'ha de rebre la impermeabilització amb morter en bisell formant aproximadament un angle de 30° amb l'horitzontal i arrodonint-se l'aresta del parament;
- b) mitjançant una reculada la profunditat de la qual respecte a la superfície externa del parament vertical ha de ser més gran que 5 cm i la seva altura per damunt de la protecció de la coberta ha de ser més gran que 20 cm;
- c) mitjançant un perfil metàl·lic inoxidable proveït d'una pestanya almenys en la seva part superior, que serveixi de base a un cordó de segellament entre el perfil i el mur. Si a la part inferior no porta pestanya, l'aresta ha de ser arrodonida per evitar que es pugui danyar la làmina.

#### 2.4.4.1.3 Unió de la coberta amb la vora lateral

1 La unió s'ha de realitzar mitjançant una de les formes següents:

- a) prolongant la impermeabilització 5 cm com a mínim sobre el front del ràfec o el parament;
- b) disposant un perfil angular amb l'ala horitzontal, que ha de tenir una amplada més gran que 10 cm, ancorada a l'aiguavés de tal manera que l'ala vertical despengi per la part exterior del parament com un goteró i prolongant la impermeabilització sobre l'ala horitzontal.

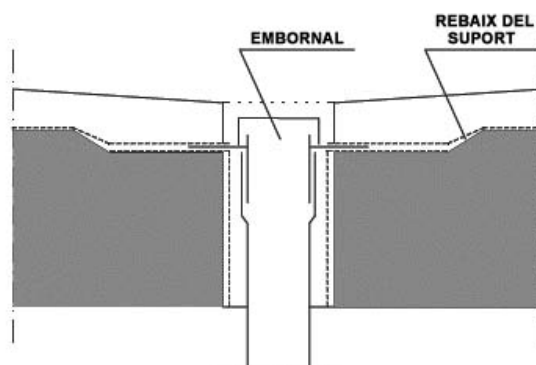
#### 2.4.4.1.4 Unió de la coberta amb un embornal o un canaló

1 L'embornal o el canaló ha de ser una peça prefabricada, d'un material compatible amb el tipus d'impermeabilització que s'utilitzi i ha de disposar d'una ala de 10 cm d'amplada com a mínim a la vora superior.

2 L'embornal o el canaló ha d'estar proveït d'un element de protecció per retenir els sòlids que puguin obturar la baixant. En cobertes transitables aquest element ha d'estar enrasat amb la capa de protecció i en cobertes no transitables, aquest element ha de sobresortir de la capa de protecció.

3 L'element que serveix de suport de la impermeabilització s'ha de rebaixar al voltant dels embornals o en tot el perímetre dels canalons (vegeu la figura 2.14) el suficient perquè després d'haver-se disposat l'impermeabilitzant segueixi existint un pendent adequat en el sentit de l'evacuació.

## Document bàsic HS Salubritat



**Figura 2.14** Rebaix del suport al voltant dels embornals

- 4 La impermeabilització s'ha de prolongar 10 cm com a mínim per damunt de les ales.
- 5 La unió de l'impermeabilitzant amb l'embornal o el canaló ha de ser estanca.
- 6 Quan l'embornal es disposi a la part horitzontal de la coberta, s'ha de situar separat 50 cm com a mínim de les unions amb els paraments verticals o amb qualsevol altre element que sobresurti de la coberta.
- 7 La vora superior de l'embornal ha de quedar per sota del nivell d'escorrentia de la coberta.
- 8 Quan l'embornal es disposi en un parament vertical, l'embornal ha de tenir secció rectangular. S'ha de disposar un impermeabilitzant que cobreixi l'ala vertical, que s'estengui fins a 20 cm com a mínim per damunt de la protecció de la coberta i el perfil superior de la qual es faci segons el que s'ha descrit en l'apartat 2.4.4.1.2.
- 9 Quan es disposi un canaló, la seva vora superior ha de quedar per sota del nivell d'escorrentia de la coberta i ha d'estar fixat a l'element que serveix de suport.
- 10 Quan el canaló es disposi en la unió amb un parament vertical, l'ala del canaló de la part de la unió ha d'ascendir pel parament i s'ha de disposar una banda impermeabilitzant que cobreixi la vora superior de l'ala, de 10 cm com a mínim d'amplada centrada sobre la vora esmentada, resolt segons el que s'ha descrit en l'apartat 2.4.4.1.2.

#### 2.4.4.1.5 Sobreeixidors

- 1 A les cobertes planes que tinguin un parament vertical que les delimiti en tot el seu perímetre, s'han de disposar sobreeixidors en els casos següents:
  - a) quan a la coberta hi hagi un sol baixant;
  - b) quan es prevegi que, si s'obtura un baixant, a causa de la disposició dels baixants o dels aiguavessos de la coberta, l'aigua acumulada no es pugui evacuar per altres baixants;
  - c) quan l'obturació d'un baixant pugui produir una càrrega en la coberta que comprometi l'estabilitat de l'element que serveix de suport resistent.
- 2 La suma de les àrees de les seccions dels sobreeixidors ha de ser igual o més gran que la suma de les dels baixants que evacuen l'aigua de la coberta o de la part de la coberta a la qual serveixin.
- 3 El sobreeixidor s'ha de disposar a una altura intermèdia entre la del punt més baix i la del més alt del carregament de la impermeabilització al parament vertical (vegeu la figura 2.15) i en tot cas a un nivell més baix de qualsevol accés a la coberta.
- 4 El sobreeixidor ha de sobresortir 5 cm com a mínim de la cara exterior del parament vertical i disposar amb un pendent favorable a l'evacuació.

## Document bàsic HS Salubritat

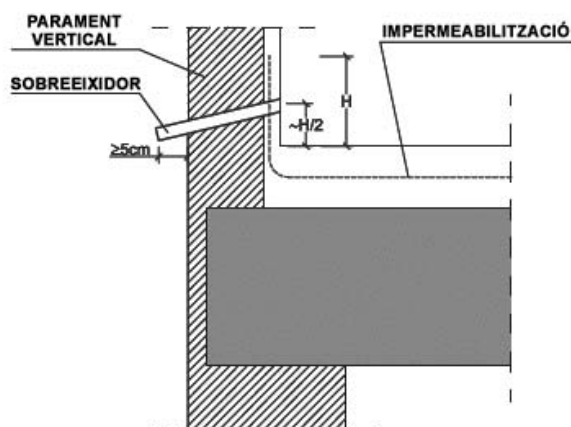


Figura 2.15 Sobreeixidor

**2.4.4.1.6 Unió de la coberta amb elements passants**

- 1 Els *elements passants* s'han de situar separats 50 cm com a mínim de les unions amb els paraments verticals i dels elements que sobresurtin de la coberta.
- 2 S'han de disposar elements de protecció prefabricats o realitzats *in situ*, que han d'ascendir per l'*element passant* 20 cm com a mínim per damunt de la *protecció de la coberta*.

**2.4.4.1.7 Ancoratge d'elements**

- 1 Els ancoratges d'elements s'han de realitzar d'una de les formes següents:
  - a) sobre un parament vertical per damunt del perfil de la impermeabilització;
  - b) sobre la part horitzontal de la coberta de manera anàloga a l'establerta per a les unions amb *elements passants* o sobre una bancada recolzada en aquesta.

**2.4.4.1.8 Racons i cantonades**

- 1 Als racons i les cantonades s'han de disposar elements de protecció prefabricats o realitzats *in situ* fins a una distància de 10 cm com a mínim des del vèrtex format pels dos plans que conformen el racó o la cantonada i el pla de la coberta.

**2.4.4.1.9 Accessos i obertures**

- 1 Els accessos i les obertures situats en un parament vertical s'han de realitzar d'una de les maneres següents:
  - a) disposant un desnivell de 20 cm d'altura com a mínim per damunt de la *protecció de la coberta*, protegit amb un impermeabilitzant que el cobreixi i ascendeixi pels laterals del forat fins a una altura de 15 cm com a mínim per damunt del desnivell esmentat;
  - b) disposant-los reculats respecte del parament vertical 1 m com a mínim. El terra fins a l'accés ha de tenir un pendent del 10% cap a fora i ha de ser tractat com la coberta.
- 2 Els accessos i les obertures situats al parament horitzontal de la coberta s'han de realitzar disposant al voltant del forat un amplit d'una altura per damunt de la *protecció de la coberta* de 20 cm com a mínim i impermeabilitzat segons el que s'ha descrit en l'apartat 2.4.4.1.2.

**2.4.4.2 Cobertes inclinades**

- 1 S'han de respectar les condicions de disposició de bandes de reforç i de terminació, les de continuïtat o discontinuïtat, així com qualsevol altra que afecti el disseny, relatives al sistema d'impermeabilització que s'utilitzi.

## Document bàsic HS Salubritat

**2.4.4.2.1 Unions de la coberta amb un parament vertical**

- 1 En la unió de la coberta amb un parament vertical s'han de disposar elements de protecció prefabricats o realitzats *in situ*.
- 2 Els elements de protecció han de cobrir com a mínim una banda del parament vertical de 25 cm d'altura per damunt de la teulada i el seu perfil s'ha de realitzar de manera similar a la descrita a les cobertes planes.
- 3 Quan la unió es produeixi a la part inferior de l'aiguavés, s'ha de disposar un canaló i realitzar-se segons el que disposa l'apartat 2.4.4.2.9.
- 4 Quan la unió es produeixi a la part superior o lateral de l'aiguavés, els elements de protecció s'han de col·locar per damunt de les peces de la teulada i prolongar-se 10 cm com a mínim des de la unió (vegeu la figura 2.16).

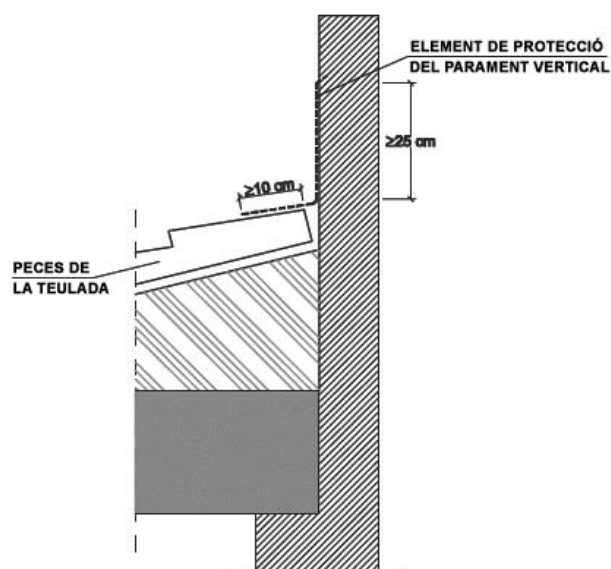


Figura 2.16 Unió a la part superior de l'aiguavés

**2.4.4.2.2 Ràfec**

- 1 Les peces de la teulada han de sobresortir 5 cm com a mínim i mitja peça com a màxim del suport que conforma el ràfec.
- 2 Quan la teulada sigui de pissarra o de teula, per evitar la filtració d'aigua a través de la unió de la primera filada de la teulada i el ràfec, s'ha de realitzar a la vora un sospedrat de jaç de les peces de la primera filada de tal manera que tinguin el mateix pendent que els de les següents, o s'ha d'adoptar qualsevol altra solució que produeixi el mateix efecte.

**2.4.4.2.3 Vora lateral**

- 1 A la vora lateral s'han de disposar peces especials que volin lateralment més de 5 cm o valones protectores realitzades *in situ*. En l'últim cas la vora es pot rematar amb peces especials o amb peces normals que volin 5 cm.

**2.4.4.2.4 Aiguafons**

- 1 Als aiguafons s'han de disposar elements de protecció prefabricats o realitzats *in situ*.
- 2 Les peces de la teulada han de sobresortir 5 cm com a mínim sobre l'aiguafons.
- 3 La separació entre les peces de la teulada dels dos aiguafessos ha de ser 20 cm com a mínim.

---

**Document bàsic HS Salubritat**

---

**2.4.4.2.5 Careneres i cavallons**

- 1 En les careneres i cavallons s'han de disposar peces especials, que s'han d'encavalcar 5 cm com a mínim sobre les peces de la teulada dels dos aiguavessos.
- 2 Les peces de la teulada de l'última filada horitzontal superior i les de la carenera i el cavalló s'han de fixar.
- 3 Quan no sigui possible el cavalcament entre les peces d'una carenera en un canvi de direcció o en una unió de careneres, aquesta unió s'ha d'impermeabilitzar amb peces especials o valones protectores.

**2.4.4.2.6 Unió de la coberta amb elements passants**

- 1 Els *elements passants* no s'han de disposar als aiguafons.
- 2 La part superior de la unió de l'aiguavés amb l'*element passant* s'ha de resoldre de tal manera que es desviï l'aigua cap als costats d'aquest.
- 3 Al perímetre de la unió s'han de disposar elements de protecció prefabricats o realitzats *in situ*, que han de cobrir una banda de l'*element passant* per damunt de la teulada de 20 cm d'altura com a mínim.

**2.4.4.2.7 Lluernes**

- 1 S'han d'impermeabilitzar les zones de l'aiguavés que estiguin en contacte amb el bastiment de base o el bastiment de la lluerna mitjançant elements de protecció prefabricats o realitzats *in situ*.
- 2 A la part inferior de la lluerna, els elements de protecció s'han de col·locar per sota de les peces de la teulada i prolongar-se 10 cm com a mínim des de la unió i a la superior per damunt i prolongar-se 10 cm com a mínim.

**2.4.4.2.8 Ancoratge d'elements**

- 1 Els ancoratges no s'han de disposar als aiguafons.
- 2 S'han de disposar elements de protecció prefabricats o realitzats *in situ*, que han de cobrir una banda de l'element ancorat d'una altura de 20 cm com a mínim per damunt de la teulada.

**2.4.4.2.9 Canalons**

- 1 Per a la formació del canaló s'han de disposar elements de protecció prefabricats o realitzats *in situ*.
- 2 Els canalons s'han de disposar amb un pendent cap al desguàs de l'1% com a mínim.
- 3 Les peces de la teulada que vessen sobre el canaló han de sobresortir 5 cm com a mínim sobre aquest.
- 4 Quan el canaló sigui vist, s'ha de disposar la vora més pròxima a la façana de tal manera que quedi per damunt de la vora exterior d'aquest.
- 5 Quan el canaló estigui situat al costat d'un parament vertical, s'han de disposar:
  - a) quan la unió sigui a la part inferior de l'aiguavés, els elements de protecció per sota de les peces de la teulada de tal manera que cobreixin una banda a partir de la unió de 10 cm d'amplada com a mínim (vegeu la figura 2.17);
  - b) quan la unió sigui a la part superior de l'aiguavés, els elements de protecció per damunt de les peces de la teulada de tal manera que cobreixin una banda a partir de la unió de 10 cm d'amplada com a mínim (vegeu la figura 2.17);
  - c) elements de protecció prefabricats o realitzats *in situ* de tal manera que cobreixin una banda del parament vertical per damunt de la teulada de 25 cm com a mínim i es remati de manera similar a la descrita per a cobertes planes (vegeu la figura 2.17).

## Document bàsic HS Salubritat

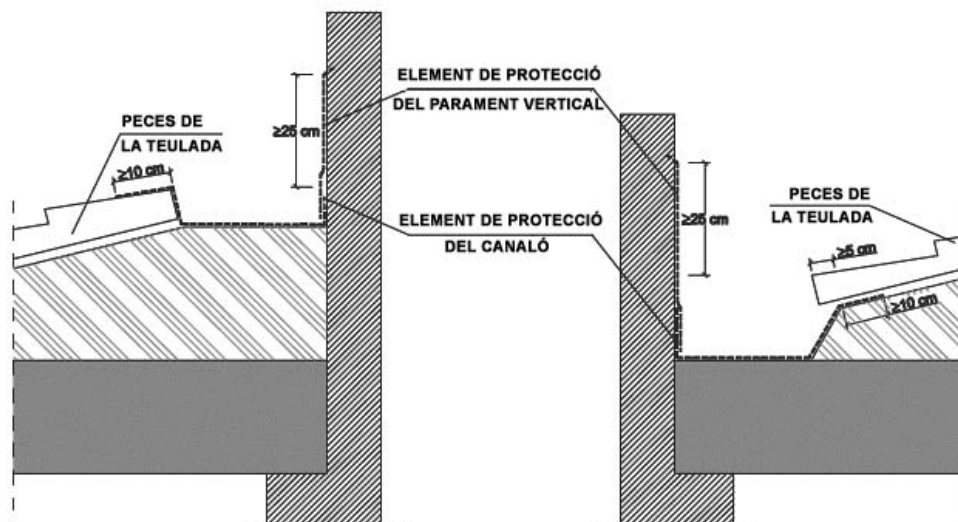


Figura 2.17 Canalons

- 6 Quan el canaló estigui situat en una zona intermèdia de l'aiguavés s'ha de disposar de tal manera que
- l'ala del canaló s'estengui per sota de les peces de la teulada 10 cm com a mínim;
  - la separació entre les peces de la teulada als dos costats del canaló sigui de 20 cm com a mínim.

### 3 Dimensionament

#### 3.1 Tubs de drenatge

- 1 Els pendents mínim i màxim i el diàmetre nominal mínim dels tubs de drenatge han de ser els que s'indiquen en la taula 3.1.

Taula 3.1 Tubs de drenatge

Grau d'impermeabilitat (1)	Pendent mínim en ‰	Pendent màxim en ‰	Diàmetre nominal mínim en mm	
			Drens sota terra	Drens en el perímetre del mur
1	3	14	125	150
2	3	14	125	150
3	5	14	150	200
4	5	14	150	200
5	8	14	200	250

(1) Aquest grau d'impermeabilitat és l'establert en l'apartat 2.1.1 per a murs i en l'apartat 2.2.1 per a terres.

- 2 La superfície d'orificis del tub drenant per metre lineal ha de ser com a mínim l'obtinguda de la taula 3.2.

Taula 3.2 Superfície mínima d'orificis dels tubs de drenatge

Diàmetre nominal	Superfície total mínima d'orificis en cm <sup>2</sup> /m
125	10
150	10
200	12
250	17

#### 3.2 Canals de recollida

- 1 El diàmetre dels embornals dels canals de recollida de l'aigua als murs parcialment estancs ha de ser 110 mm com a mínim.
- 2 Els pendents mínim i màxim del canal i el nombre mínim d'embornals en funció del grau d'impermeabilitat exigida al mur han de ser els que s'indiquen en la taula 3.3.



## Document bàsic HS Salubritat

Taula 3.3 Canals de recollida d'aigua filtrada

Grau d'impermeabilitat del mur	Pendent mínim en %	Pendent màxim en %	Embornals
1	5	14	1 cada 25 m <sup>2</sup> de mur
2	5	14	1 cada 25 m <sup>2</sup> de mur
3	8	14	1 cada 20 m <sup>2</sup> de mur
4	8	14	1 cada 20 m <sup>2</sup> de mur
5	12	14	1 cada 15 m <sup>2</sup> de mur

### 3.3 Bombes de buidatge

1 Cada una de les bombes de buidatge d'una mateixa cambra s'ha de dimensionar per al cabal total d'aigua a evacuar que, en el cas de referir-se a murs, es pot calcular segons el mètode descrit en l'apèndix C.

2 El volum de cada cambra de bombament ha de ser com a mínim igual a l'obtingut de la taula 3.4. Per a cabals més grans s'ha de col·locar una segona cambra.

Taula 3.4 Cambres de bombament

Cabal de la bomba en l/s	Volum de la cambra en l
0,15	2,4
0,31	2,85
0,46	3,6
0,61	3,9
0,76	4,5
1,15	5,7
1,53	9,6
1,91	10,8
2,3	15
3,1	20

## 4 Productes de construcció

### 4.1 Característiques exigibles als productes

#### 4.1.1 Introducció

1 El comportament dels edificis enfront de l'aigua es caracteritza mitjançant les propietats hídriques dels productes de construcció que componen els seus tancaments.

2 Els productes per a aïllament tèrmic i els que formen el *full principal* de la façana es defineixen mitjançant les propietats següents:

a) la *succió* o absorció a l'aigua per capilaritat a curt termini per immersió parcial (kg/m<sup>2</sup>, [g/(m<sup>2</sup>·min)]<sup>0,5</sup> o g/(cm<sup>2</sup>·min));

b) l'*absorció* a l'aigua a llarg termini per immersió total (g/cm<sup>3</sup>).

3 Els productes per a la *barrera contra el vapor* es defineixen mitjançant la resistència al pas del vapor d'aigua (MN·s/g o m<sup>2</sup>·h·Pa/mg).

4 Els productes per a la impermeabilització es defineixen mitjançant les propietats següents, en funció del seu ús:

a) estanquitat;

b) resistència a la penetració d'arrels;

c) envelliment artificial per exposició prolongada a la combinació de radiació ultraviolada, temperatures elevades i aigua;

d) resistència a la fluència (°C);

## Document bàsic HS Salubritat

- e) estabilitat dimensional (%);
- f) envelliment tèrmic (°C);
- g) flexibilitat a baixes temperatures (°C);
- h) resistència a la càrrega estàtica (kg);
- i) resistència a la càrrega dinàmica (mm);
- j) allargament al trencament (%);
- k) resistència a la tracció (N/5cm).

#### 4.1.2 Components del full principal de façanes

- 1 Quan el full principal sigui de maó ceràmic, els maons han de tenir com a màxim una succió de 0,45 g/(cm<sup>2</sup>·min) mesurada segons l'assaig d'UNE 67 031:1985.
- 2 Quan el full principal sigui de bloc de formigó, llevat de bloc de formigó curat en autoclau, el valor d'absorció dels blocs mesurat segons l'assaig d'UNE 41 170:1989 ha de ser com a màxim 0,32 g/cm<sup>3</sup>.
- 3 Quan el full principal sigui resistent i de bloc de formigó vist, el valor mitjà del coeficient de succió dels blocs mesurat segons l'assaig d'UNE EN 772 11:2001 i per a un temps de 10 minuts ha de ser com a màxim 5 [g/(m<sup>2</sup>·min)]<sup>0,5</sup> i el valor individual del coeficient ha de ser com a màxim 7 [g/(m<sup>2</sup>·min)]<sup>0,5</sup>.
- 4 Quan el full principal sigui de maó o de bloc sense revestiment exterior, els maons i els blocs han de ser de cara vista.

#### 4.1.3 Aïllant tèrmic

- 1 Quan l'aïllant tèrmic es disposi per l'exterior del full principal, ha de ser no hidròfil.

### 4.2 Control de recepció en obra de productes

- 1 En el plec de condicions del projecte s'han d'indicar les condicions de control per a la recepció dels productes, incloent-hi els assaigs necessaris per comprovar que aquests reuneixen les característiques exigides en els apartats anteriors.
- 2 S'ha de comprovar que els productes rebuts:
  - a) corresponen als especificats en el plec de condicions del projecte;
  - b) disposen de la documentació exigida;
  - c) estan caracteritzats per les propietats exigides;
  - d) han estat assajats, quan així s'estableixi en el plec de condicions o ho determini el director de l'execució de l'obra amb el vistiplau del director d'obra, amb la freqüència establerta.
- 3 En el control s'han de seguir els criteris indicats a l'article 7.2 de la part I del CTE.

## 5 Construcció

- 1 En el projecte s'han de definir i justificar les característiques tècniques mínimes que han de reunir els productes, així com les condicions d'execució de cada unitat d'obra, amb les verificacions i els controls especificats per comprovar la seva conformitat amb el que s'exposa en el projecte esmentat, segons les indicacions de l'article 6 de la part I del CTE.

### 5.1 Execució

- 1 Les obres de construcció de l'edifici, en relació amb aquesta secció, s'han d'executar amb subjecció al projecte, a la legislació aplicable, a les normes de la bona pràctica constructiva i a les instruccions del director d'obra i del director de l'execució de l'obra, d'acord amb el que s'indica a l'article 7 de la part I del CTE. En el plec de condicions s'han d'indicar les condicions d'execució dels tancaments.

### 5.1.1 Murs

#### 5.1.1.1 Condicions dels passatubs

1 Els passatubs han de ser estancs i prou flexibles per absorbir els moviments previstos.

#### 5.1.1.2 Condicions de les làmines impermeabilitzants

1 Les làmines s'han d'aplicar en unes condicions ambientals que es trobin dins dels marges prescrits en les corresponents especificacions aplicables.

2 Les làmines s'han d'aplicar quan el mur estigui prou sec d'acord amb les corresponents especificacions aplicables.

3 Les làmines s'han d'aplicar de tal manera que no entrin en contacte materials incompatibles químicament.

4 En les unions de les làmines s'han de respectar els cavalcaments mínims prescrits en les corresponents especificacions aplicables.

5 El parament on s'aplicarà la làmina no ha de tenir rebaves de morter a les fàbriques de maó o blocs ni cap ressalt de material que pugui suposar risc de punxonament.

6 Quan s'utilitzi una làmina impermeabilitzant adherida s'han d'aplicar emprimitacions prèvies i quan s'utilitzi una làmina impermeabilitzant no adherida s'han de segellar els cavalcaments.

7 Quan la impermeabilització es faci per l'interior, s'han de col·locar bandes de reforç en els canvis de direcció.

#### 5.1.1.3 Condicions del revestiment hidròfug de morter

1 El parament on s'aplicarà el revestiment ha d'estar net.

2 S'han d'aplicar almenys quatre capes de revestiment de gruix uniforme i el gruix total no ha de ser més gran que 2 cm.

3 No s'ha d'aplicar el revestiment quan la temperatura ambient sigui menor que 0 °C ni quan es prevegi un descens d'aquesta per sota del valor esmentat en les 24 hores posteriors a la seva aplicació.

4 En les unions s'han d'encavalcar les capes del revestiment almenys 25 cm.

#### 5.1.1.4 Condicions dels productes líquids d'impermeabilització

##### 5.1.1.4.1 Revestiments sintètics de resines

1 A les fissures grans s'hi ha de fer caixa mitjançant regates de 2 cm de profunditat i s'han d'omplir amb morter pobre.

2 Les barraques i les esquerdes s'han d'omplir amb massilles especials compatibles amb la resina.

3 Abans de l'aplicació de l'emprimació s'ha de netejar el parament del mur.

4 No s'ha d'aplicar el revestiment quan la temperatura sigui menor que 5 °C o més gran que 35 °C, llevat que en les especificacions aplicables es fixin altres límits.

5 El gruix de la capa de resina ha d'estar comprès entre 300 i 500 de tal manera que cobreixin una banda a partir de la unió de 10 cm d'amplada com a mínim  $\mu\text{m}$ .

6 Quan hi hagi fissures de gruix comprès entre 100 i 250  $\mu\text{m}$  s'ha d'aplicar una emprimitació al voltant de la fissura. Després s'ha d'aplicar una capa de resina al llarg de tota la fissura, en una amplada més gran que 12 cm i d'un gruix que no sigui més gran que 50  $\mu\text{m}$ . Finalment s'han d'aplicar tres mans consecutives, en intervals de sis hores com a mínim, fins a assolir un gruix total que no sigui més gran que 1 mm.

7 Quan el revestiment estigui elaborat a partir de poliuretà i estigui totalment o parcialment exposat a la intempèrie s'ha de cobrir amb una capa adequada per protegir-lo de les radiacions ultraviolades.

**5.1.1.4.2 Polímers acrílics**

- 1 El suport ha d'estar sec, sense restes de greix i net.
- 2 El revestiment s'ha d'aplicar en capes successives cada 12 hores aproximadament. El gruix no ha de ser més gran que 100 µm.

**5.1.1.4.3 Cautxú acrílic i resines acríliques**

- 1 El suport ha d'estar sec i exempt de pols, brutícia i beurades superficials.

**5.1.1.5 Condicions del segellament de juntures****5.1.1.5.1 Massilles a base de poliuretà**

- 1 En juntures més grans de 5 mm s'ha de col·locar un reblliment d'un material no adherent a la massilla per limitar-ne la profunditat.
- 2 La juntura ha de tenir com a mínim una profunditat de 8 mm.
- 3 L'amplada màxima de la juntura no ha de ser més gran que 25 mm.

**5.1.1.5.2 Massilles a base de silicones**

- 1 En juntures més grans de 5 mm s'ha de col·locar un reblliment d'un material no adherent a la massilla per obtenir la secció adequada.

**5.1.1.5.3 Massilles a base de resines acríliques**

- 1 Si el suport és porós i està excessivament sec s'han d'humitejar lleugerament les vores de la juntura.
- 2 En juntures més grans de 5 mm s'ha de col·locar un reblliment d'un material no adherent a la massilla per obtenir la secció adequada.
- 3 La juntura ha de tenir com a mínim una profunditat de 10 mm.
- 4 L'amplada màxima de la juntura no ha de ser més gran que 25 mm.

**5.1.1.5.4 Massilles asfàltiques**

- 1 S'han d'aplicar directament en fred sobre les juntures.

**5.1.1.6 Condicions dels sistemes de drenatge**

- 1 El tub drenant s'ha d'envoltar d'una capa d'àrid i aquesta, al seu torn, s'ha d'embolicar totalment amb una làmina filtrant.
- 2 Si l'àrid és d'al·luvió el gruix mínim del recobriments de la capa d'àrid que envolta el tub drenant ha de ser, en qualsevol punt, com a mínim 1,5 vegades el diàmetre del dren.
- 3 Si l'àrid és de matxucatge el gruix mínim del recobriments de la capa d'àrid que envolta el tub drenant ha de ser, en qualsevol punt, com a mínim 3 vegades el diàmetre del dren.

**5.1.2 Terres****5.1.2.1 Condicions dels passatubs**

- 1 Els passatubs han de ser flexibles per absorbir els moviments previstos i estancs.

**5.1.2.2 Condicions de les làmines impermeabilitzants**

---

**Document bàsic HS Salubritat**

---

- 1 Les làmines s'han d'aplicar en unes condicions tèrmiques ambientals que es trobin dins dels marges prescrits en les corresponents especificacions aplicables.
- 2 Les làmines s'han d'aplicar quan el terra estigui prou sec d'acord amb les corresponents especificacions aplicables.
- 3 Les làmines s'han d'aplicar de tal manera que no entrin en contacte materials incompatibles químicament.
- 4 S'han de respectar en les unions de les làmines els cavalcaments mínims prescrits en les corresponents especificacions aplicables.
- 5 La superfície on s'aplicarà la impermeabilització no ha de presentar cap tipus de ressalt de materials que puguin suposar un risc de punxonament.
- 6 S'han d'aplicar emprimitacions sobre els formigons de regulació o neteja i les fonamentacions en el cas d'aplicar làmines adherides i en el perímetre de fixació en el cas d'aplicar làmines no adherides.
- 7 En l'aplicació de les làmines impermeabilitzants s'han de col·locar bandes de reforç en els canvis de direcció.

**5.1.2.3 Condicions de les arquetes**

- 1 S'han de segellar totes les tapes d'arquetes al mateix marc mitjançant bandes de cautxú o similars que permetin el registre.

**5.1.2.4 Condicions del formigó de neteja**

- 1 El terreny inferior de les soleres i plaques drenades s'ha de compactar i ha de tenir com a mínim un pendent de l'1%.
- 2 Quan s'hagi de col·locar una làmina impermeabilitzant sobre el formigó de neteja del terra o de la fonamentació, la superfície d'aquest formigó s'ha d'aplanar.

**5.1.3 Façanes****5.1.3.1 Condicions del full principal**

- 1 Quan el full principal sigui de maó, s'han de submergir en aigua breument abans de col·locar-lo. Quan s'utilitzin juntures amb resistència a la filtració alta o moderada, el material constituent del full s'ha d'humitejar abans de col·locar-se.
- 2 S'han de deixar *represes* a totes les filades de les unions i les cantonades per travar la fàbrica.
- 3 Quan el full principal no estigui interromput pels pilars, l'ancoratge d'aquest full als pilars s'ha de realitzar de tal manera que no s'hi produeixin fissuracions. Quan s'executi el full principal s'ha d'evitar l'adherència d'aquest amb els pilars.
- 4 Quan el full principal no estigui interromput pels forjats, l'ancoratge d'aquest full als forjats s'ha de realitzar de tal manera que no s'hi produeixin fissuracions. Quan s'executi el full principal s'ha d'evitar l'adherència d'aquest amb els forjats.

**5.1.3.2 Condicions del revestiment intermedi**

- 1 S'ha de disposar adherit a l'element que serveix de suport i aplicar-se de manera uniforme sobre aquest.

**5.1.3.3 Condicions de l'aïllant tèrmic**

- 1 S'ha de col·locar de manera contínua i estable.
- 2 Quan l'aïllant tèrmic sigui a base de panells o mantes i no ompli la totalitat de l'espai entre els dos fulls de la façana, l'aïllant tèrmic s'ha de disposar en contacte amb el full interior i s'han d'utilitzar elements separadors entre el full exterior i l'aïllant.

**5.1.3.4 Condicions de la cambra d'aire ventilada**

1 Durant la construcció de la façana s'ha d'evitar que caiguin enderrocs, rebaves de morter i brutícia a la cambra d'aire i a les juntures verticals que s'utilitzin per a la seva ventilació.

**5.1.3.5 Condicions del revestiment exterior**

1 S'ha de disposar adherit o fixat a l'element que serveix de suport.

**5.1.3.6 Condicions dels punts singulars**

1 Les juntures de dilatació s'han d'executar aplomades i s'han de deixar netes per a l'aplicació del rebliment i del segellament.

**5.1.4 Cobertes****5.1.4.1 Condicions de la formació de pendents**

1 Quan la formació de pendents sigui l'element que serveix de suport de la impermeabilització, la seva superfície ha de ser uniforme i neta.

**5.1.4.2 Condicions de la barrera contra el vapor**

- 1 La barrera contra el vapor s'ha d'estendre sota el fons i els laterals de la capa d'aïllant tèrmic.
- 2 S'ha d'aplicar en unes condicions tèrmiques ambientals que es trobin dins dels marges prescrits en les corresponents especificacions aplicables.

**5.1.4.3 Condicions de l'aïllant tèrmic**

1 S'ha de col·locar de manera contínua i estable.

**5.1.4.4 Condicions de la impermeabilització**

- 1 Les làmines s'han d'aplicar en unes condicions tèrmiques ambientals que es trobin dins dels marges prescrits en les corresponents especificacions aplicables.
- 2 Quan s'interrompin els treballs s'han de protegir adequadament els materials.
- 3 La impermeabilització s'ha de col·locar en direcció perpendicular a la línia de màxim pendent.
- 4 Les diferents capes de la impermeabilització s'han de col·locar en la mateixa direcció i a tapaboques.
- 5 Els cavalcaments han de quedar a favor del corrent d'aigua i no han de quedar alineats amb els de les fileres contigües.

**5.1.4.5 Condicions de la cambra d'aire ventilada**

1 Durant la construcció de la coberta s'ha d'evitar que caiguin enderrocs, rebaves de morter i brutícia a la cambra d'aire.

**5.2 Control de l'execució**

- 1 El control de l'execució de les obres s'ha de realitzar d'acord amb les especificacions del projecte, els seus annexos i modificacions autoritzats pel director d'obra i les instruccions del director de l'execució de l'obra, d'acord amb el que s'indica a l'article 7.3 de la part I del CTE i altra normativa vigent aplicable.
- 2 S'ha de comprovar que l'execució de l'obra es realitza d'acord amb els controls i amb la freqüència d'aquests establerta en el plec de condicions del projecte.

## Document bàsic HS Salubritat

3 Qualsevol modificació que es pugui introduir durant l'execució de l'obra ha de quedar en la documentació de l'obra executada sense que en cap cas es deixin de complir les condicions mínimes assenyalades en aquest Document bàsic.

### 5.3 Control de l'obra acabada

1 En el control s'han de seguir els criteris indicats a l'article 7.4 de la part I del CTE. En aquesta secció del DB no es prescriuen proves finals.

## 6 Manteniment i conservació

1 S'han de realitzar les operacions de manteniment que, juntament amb la seva periodicitat, s'inclouen en la taula 6.1 i les correccions pertinents en cas que es detectin defectes.

Taula 6.1 Operacions de manteniment

	Operació	Periodicitat
<b>Murs</b>	Comprovació del correcte funcionament dels canals i baixants d'evacuació dels murs parcialment estancs	1 any <sup>(1)</sup>
	Comprovació que les obertures de ventilació de la cambra dels murs parcialment estancs no estan obstruïdes	1 any
	Comprovació de l'estat de la impermeabilització interior	1 any
<b>Terres</b>	Comprovació de l'estat de neteja de la xarxa de drenatge i d'evacuació	1 any <sup>(2)</sup>
	Neteja de les arquetes	1 any <sup>(2)</sup>
	Comprovació de l'estat de les bombes de buidatge, incloent-hi les de reserva, si hagués estat necessària la seva implantació per poder garantir el drenatge	1 any
	Comprovació de la possible existència de filtracions per fissures i esquerdes	1 any
<b>Façanes</b>	Comprovació de l'estat de conservació del revestiment: possible aparició de fissures, desprendiments, humitats i taques	3 anys
	Comprovació de l'estat de conservació dels punts singulars	3 anys
	Comprovació de la possible existència d'esquerdes i fissures, així com caigudes o altres deformacions, en el full principal	5 anys
	Comprovació de l'estat de neteja de les juntures verticals o de les obertures de ventilació de la cambra	10 anys
<b>Cobertes</b>	Neteja dels elements de desguàs (embornals, canalons i sobreeixidors) i comprovació del seu correcte funcionament	1 any <sup>(1)</sup>
	Recol·locació de la grava	1 any
	Comprovació de l'estat de conservació de la protecció o teulada	3 anys
	Comprovació de l'estat de conservació dels punts singulars	3 anys

<sup>(1)</sup> A més s'ha de realitzar cada vegada que hi hagi hagut tempestes importants.

<sup>(2)</sup> S'ha de realitzar cada any al final de l'estiu.

## Apèndix A Terminologia

**Absorció:** retenció d'un gas o vapor per un líquid o d'un líquid per un sòlid.

**Aiguafons:** línia d'intersecció de dos vessants de coberta que s'ajunten formant un angle còncau.

**Aïllant no hidròfil:** aïllant que té una *succió* o absorció d'aigua a curt termini per immersió parcial menor que  $1 \text{ kg/m}^2$  segons assaig UNE-EN 1609:1997 o una *absorció* d'aigua a llarg termini per immersió total menor que el 5% segons assaig UNE-EN 12087:1997.

**Aïllant tèrmic:** element que té una conductivitat tèrmica menor que  $0,060 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  i una resistència tèrmica més gran que  $0,25 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ .

**Aplicacions líquides:** substàncies líquides d'impermeabilització.

**Àrea efectiva (d'una obertura):** àrea de la secció perpendicular a la direcció del moviment de l'aire que està lliure d'obstacles.

**Barrera contra el vapor:** element que té una resistència a la difusió de vapor més gran que  $10 \text{ MN}\cdot\text{s/g}$  equivalent a  $2,7 \text{ m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa/mg}$ .

**Cambra d'aire ventilada:** espai de separació en la secció constructiva d'una façana o d'una coberta que permet la difusió del vapor d'aigua a través d'obertures a l'exterior disposades de manera que es garanteix la ventilació encreuada.

**Cambra de bombament:** dipòsit o arqueta on s'acumula provisionalment l'aigua drenada abans del seu bombament i on estan allotjades les bombes de buidatge, incloent-hi les de reserva.

**Capa antipunxonament:** *capa separadora* que s'interposa entre dues capes sotmeses a pressió i que serveix per protegir la menys resistent i evitar amb això el seu trencament.

**Capa de protecció:** producte que es disposa sobre la capa d'impermeabilització per protegir-la de les radiacions ultraviolades i de l'impacte tèrmic directe del sol i a més afavoreix l'escorrentia i l'evacuació de l'aigua cap als embornals.

**Capa de regulació:** capa que es disposa sobre la capa drenant o el terreny per eliminar les possibles irregularitats i desnivells i així rebre de manera homogènia el formigó de la solera o la placa.

**Capa separadora:** capa que s'intercala entre elements del sistema d'impermeabilització per a totes o algunes de les finalitats següents:

- a) evitar l'adherència entre aquests;
- b) proporcionar protecció física o química a la membrana;
- c) permetre els moviments diferencials entre els *components* de la coberta;
- d) actuar com a capa antipunxonament;
- e) actuar com a capa filtrant;
- f) actuar com a capa ignífuga.

**Capil·laritat:** fenomen segons el qual la superfície d'un líquid en contacte amb un sòlid s'eleva o es deprimeix a causa de la força resultant d'atraccions entre les molècules del líquid (cohesió) i les d'aquest amb les del sòlid (adhesió).

**Cavalló:** línia d'intersecció de dos vessants de coberta que s'ajunten formant un angle convex.

**Coefficient de permeabilitat:** paràmetre indicador del grau de permeabilitat d'un terra mesurat per la velocitat de passada de l'aigua a través d'aquest. S'expressa en m/s o cm/s. Es pot determinar directament mitjançant assaig en permeàmetre o mitjançant assaig in situ, o indirectament a partir de la granulometria i la porositat del terreny.

**Component:** cadascuna de les parts de les quals consta un *element constructiu*.

**Drenatge:** operació de donar sortida a les aigües mortes o a l'excessiva humitat dels terrenys per mitjà de rases o canonades.



---

**Document bàsic HS Salubritat**

---

**Element constructiu:** part de l'edifici amb una funció independent. S'entenen com a tals els terres, els murs, les façanes i les cobertes.

**Element passant:** element que travessa un element constructiu. S'entenen com a tals els baixants i les xemeneies que travessen les cobertes.

**Emmacat:** capa de grava de diàmetre gran que serveix de base a una solera recolzada en el terreny amb la finalitat de dificultar l'ascensió de l'aigua del terreny per capillaritat a aquesta.

**Fang de bentonita:** suspensió en aigua de bentonita que té la qualitat de formar sobre una superfície porosa una pel·lícula pràcticament impermeable i que és tixòtropa, és a dir, té la facultat d'adquirir en estat de repòs una certa rigidesa.

**Formació de pendents (sistema de):** sistema constructiu situat sobre el suport resistent d'una coberta i que té una inclinació per facilitar l'evacuació d'aigua.

**Formigó de consistència fluida:** formigó que, assajat a la taula de sacsejades, presenta un assentament comprès entre el 70% i el 100%, que equival aproximadament a un assentament superior més gran que 20 cm en el con d'Abrams.

**Formigó d'elevada compacitat:** formigó amb un índex molt reduït de buits en la seva granulometria.

**Formigó hidròfug:** formigó que, per contenir substàncies de caràcter químic hidròfob, evita o disminueix sensiblement l'absorció d'aigua.

**Formigó de retracció moderada:** formigó que pateix poca reducció de volum com a conseqüència del procés fisicoquímic del forjat, enduriment o dessecació.

**Full principal:** full d'una façana la funció del qual és suportar la resta dels fulls i *components* de la façana, així com, si s'escau, desenvolupar la funció estructural.

**Geotèxtil:** tipus de làmina plàstica que conté un teixit de reforç i les principals funcions de la qual són filtrar, protegir químicament i dessolidaritzar capes en contacte.

**Grau d'impermeabilitat:** nombre indicador de la resistència al pas de l'aigua característica d'una *solució constructiva* definit de tal manera que creix en créixer l'esmentada resistència i, en conseqüència, com més gran sigui la sol·licitació d'humitat més gran ha de ser el grau d'impermeabilitat de la solució esmentada per aconseguir el mateix resultat. La gradació s'aplica a les solucions de cada *element constructiu* de manera independent a les dels altres elements. Per tant, les gradacions dels diferents elements no són necessàriament equivalents: així, el grau 3 d'un mur no té per què equivaler al grau 3 d'una façana.

**Higroscopicitat:** propietat d'un material d'absorbir o cedir aigua en funció de la humitat relativa de l'ambient en què es troba.

**Impermeabilització:** procediment destinat a evitar que un material o *element constructiu* es mulli o absorbeixi aigua. Es pot fer durant la seva fabricació o mitjançant la posterior aplicació d'un tractament.

**Impermeabilitzant:** producte que evita el pas d'aigua a través dels materials tractats amb aquest.

**Índex pluviomètric anual:** per a un any determinat, és el quocient entre la precipitació mitjana i la precipitació mitjana anual de la sèrie.

**Injecció:** tècnica de sospedrat consistent en el reforç o consolidació d'un terreny de fonamentació mitjançant la introducció en aquest a pressió d'un morter de ciment fluid amb la finalitat que ompli els buits existents.

**Intradós:** superfície interior del mur.

**Juntura vertical:** juntura vertical entre dos maons d'una mateixa filada.

**Làmina drenant:** làmina que conté nodes o algun tipus de plec superficial per formar canals per on pugui transcórrer l'aigua.

**Làmina filtrant:** làmina que s'interposa entre el terreny i un *element constructiu* i la característica principal de la qual és permetre el pas de l'aigua a través seu i impedir el pas de les partícules del terreny.

**Lligada:** cadascun dels dentells que es formen en la interrupció lateral d'un mur per al seu lligam en prosseguir-lo.

**Morter hidròfug:** morter que, en contenir substàncies de caràcter químic hidròfob, evita o disminueix sensiblement l'absorció d'aigua.

---

**Document bàsic HS Salubritat**

---

**Morter hidròfug de baixa retracció:** morter que reuneix les característiques següents:

- a) conté substàncies de caràcter químic hidròfob que eviten o disminueixen sensiblement l'absorció d'aigua;
- b) experimenta poca reducció de volum com a conseqüència del procés fisicoquímic del forjat, enduriment o dessecació.

**Morter pobre:** morter que té una dosificació, expressada en kg de ciment per m<sup>3</sup> de sorra, menor o igual que 1/8.

**Mur de gravetat:** mur no armat que resisteix esforços principalment de compressió. Aquest tipus de mur es construeix després de realitzar el buidatge del terreny del soterrani.

**Mur flexoresistent:** mur armat que resisteix esforços de compressió i de flexió. Aquest tipus de mur es construeix després de realitzar el buidatge del terreny del soterrani.

**Mur pantalla:** mur armat que resisteix esforços de compressió i de flexió. Aquest tipus de mur es construeix en el terreny mitjançant el buidatge del terreny exclusiu del mur i el consegüent formigonat in situ o mitjançant la fixació en el terreny de peces prefabricades. El buidatge del terreny del soterrani es realitza una vegada construït el mur.

**Mur parcialment estanc:** mur compost per un full exterior resistent, una cambra d'aire i un full interior. El mur no s'impermeabilitza sinó que es permet el pas de l'aigua del terreny fins a la cambra, on es recull i s'evacua.

**Nivell freàtic:** valor mitjà anual de la profunditat respecte a la superfície del terreny de la cara superior de la capa freàtica.

**Permeabilitat al vapor d'aigua:** quantitat de vapor d'aigua que es transmet a través d'un material d'espessor unitat per unitat d'àrea, unitat de temps i de diferència de pressions parcials de vapor d'aigua. La permeabilitat s'expressa en g·m/(MN·s) o en g·cm/(mmHG·m<sup>2</sup>·dia).

**Pintura impermeabilitzant:** compost líquid pigmentat que es converteix en pel·lícula sòlida després de la seva aplicació i que impedeix la filtració i l'absorció d'aigua a través d'aquest.

**Placa:** solera armada per resistir grans esforços de flexió com a conseqüència, entre altres, de l'embranchada vertical de l'aigua freàtica.

**Pou drenant:** pou efectuat en el terreny amb apuntalament perforat per permetre l'arribada de l'aigua del terreny circumdant al seu interior. L'aigua s'extreu per bombament.

**Rasa drenant:** rasa que recull l'aigua del terreny circumdant i la condueix a la xarxa de clavegueram o de sanejament.

**Revestiment continu:** revestiment que s'aplica en forma de pasta fluida directament sobre la superfície que es revesteix. Pot ser a base de morters hidràulics, plàstic o pintura.

**Revestiment discontinu:** revestiment conformat a partir de peces (rajoles, lamelles, plaques, etc.) de materials naturals o artificials que es fixen a les superfícies mitjançant sistemes d'unió o ancoratge. Segons sigui aquest sistema de fixació, el revestiment es considera enganxat o fixat mecànicament.

**Revestiment exterior:** revestiment de la façana disposat a la cara exterior d'aquesta.

**Sistema adherit:** sistema de fixació en el qual la impermeabilització s'adhereix a l'element que serveix de suport en tota la seva superfície.

**Sistema fixat mecànicament:** sistema de fixació en el qual la impermeabilització se subjecta a l'element que serveix de suport mitjançant fixacions mecàniques.

**Sistema no adherit:** sistema de fixació en el qual la impermeabilització es col·loca sobre el suport sense adherir-s'hi llevat d'elements singulars com ara juntures, desguassos, plafons, vores, etc. i en el perímetre d'elements que sobresurten de la coberta, com ara xemeneies, claraboies, pals, etc.

**Sistema semiadherit:** sistema de fixació en el qual la impermeabilització s'adhereix a l'element que serveix de suport en una extensió compresa entre el 15 i el 50%.

---

**Document bàsic HS Salubritat**

---

**Terra elevat:** terra situat a la base de l'edifici en el qual la relació entre la suma de la superfície de contacte amb el terreny i la de suport, i la superfície del terra és inferior a 1/7.

**Solera:** capa gruixuda de formigó recolzada sobre el terreny, que es disposa com a paviment o com a base per a un revestiment.

**Solució constructiva:** *element constructiu* caracteritzat pels components concrets que el formen juntament amb altres elements del contorn aliens a l'*element constructiu* les característiques del qual influeixen en el nivell de prestació proporcionat.

**Subbase:** capa de bentonita de sodi sobre formigó de neteja disposada sota el terra.

**Succió:** capacitat d'imbibició d'aigua per capil·laritat d'un producte mitjançant immersió parcial en un període curt de temps.

**Tapaboques:** petita peça de fusta o metall que s'utilitza per fixar una juntura a topar.

**Extradós:** superfície exterior d'un mur.

**Tub drenant:** tub enterrat les parets del qual estan perforades per permetre l'arribada de l'aigua del terreny circumdant al seu interior.

**Valor bàsic de la velocitat del vent:** correspon al valor característic de la velocitat mitjana del vent al llarg d'un període de 10 minuts, presa en zona plana i desprotegida enfront del vent a una altura de 10 m sobre el terra. L'esmentat valor característic és el valor la probabilitat anual del qual de ser sobrepassat és de 0,02 (període de retorn de 50 anys).

**Zona eòlica:** zona geogràfica que engloba tots els punts que tenen un *valor bàsic de la velocitat del vent*,  $V$ , comprès dins del mateix interval dels següents:

zona A quan  $V = 26$  m/s

zona B quan  $V = 27$  m/s

zona C quan  $V = 29$  m/s

**Zona pluviomètrica de mitjanes:** zona geogràfica que engloba tots els punts que tenen un *índex pluviomètric anual*,  $p$ , comprès dins del mateix interval dels següents:

zona I quan  $p > 2000$  mm

zona II quan  $1000 \text{ mm} < p \leq 2000$  mm

zona III quan  $500 \text{ mm} < p \leq 1000$  mm

zona IV quan  $300 \text{ mm} < p \leq 500$  mm

zona V quan  $p < 300$  mm

## Apèndix B Notació

1. En aquest apèndix es recullen, ordenats alfabèticament, els símbols que s'utilitzen en aquesta secció del DB juntament amb les corresponents magnituds i unitats.

$A_n$ : superfície del full interior d'un *mur parcialment estanc*, [m<sup>2</sup>].

$A_s$ : superfície del terra elevat, [m<sup>2</sup>].

$A_c$ : superfície de la coberta, [m<sup>2</sup>].

H: diferència entre la profunditat de la cara superior de la capa impermeable i el nivell freàtic abans de la intervenció, [m].

$h_o$ : diferència entre la profunditat de la cara superior de la capa impermeable i el nivell freàtic en el punt del terreny on està situat el tub drenant, [m].

$K_s$ : coeficient de permeabilitat del terreny, [m/s o cm/s].

NF: *nivell freàtic*, [m].

P: profunditat de l'arrencada del mur respecte a la superfície del terreny, [m];

p: índex pluviomètric anual, [mm].

q: cabal de drenatge per metre lineal de mur, [m<sup>3</sup>/(s.m)].

R: radi d'acció del drenatge, equivalent a la distància de la zona de recàrrega de l'aquífer, [m].

$S_s$ : àrea efectiva total de les obertures de ventilació d'una cambra, [cm<sup>2</sup>].

V: valor bàsic de la velocitat del vent, [m/s].

## Apèndix C Càlcul del cabal de drenatge

1 El cabal de drenatge per metre lineal de mur en  $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ , a causa de la unió amb una capa freàtica,  $q$ , s'obté pel procediment que s'exposa a continuació (vegeu la figura C.1).

a) Quan l'arrencada del mur coincideix o està per sota de la cara superior d'una capa impermeable el cabal s'obté mitjançant la fórmula C.1 o la fórmula C.2

$$q = \frac{K_s(P - NF)}{10} \quad (\text{C.1})$$

$$q = \frac{K_s(H^2 - h_o^2)}{2R} \quad (\text{C.2})$$

on:

$P$  profunditat de l'arrencada del mur respecte a la superfície del terreny, [m];

$NF$  nivell freàtic, [m];

$q$  cabal de drenatge per metre lineal de mur, [ $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ ];

$K_s$  és el coeficient de permeabilitat del terreny, [m/s];

$H$  és la diferència entre la profunditat de la cara superior de la capa impermeable i el nivell freàtic abans de la intervenció, [m];

$h_o$  és la diferència entre la profunditat de la cara superior de la capa impermeable i el nivell freàtic en el punt del terreny on està situat el tub drenant, [m];

$R$  és el radi d'acció del drenatge, equivalent a la distància de la zona de recàrrega de l'aquífer, [m].

b) Quan l'arrencada del mur no assoleix cap capa impermeable, el cabal s'obté mitjançant la fórmula

$$q = \frac{K_s \left[ 0,73 + 0,27 \frac{H - h_o}{H} \right] (H^2 - h_o^2)}{2R} \quad (\text{C.3})$$

on:

$K_s$ ,  $H$ ,  $h_o$  i  $R$  és l'indicat per al cas a).

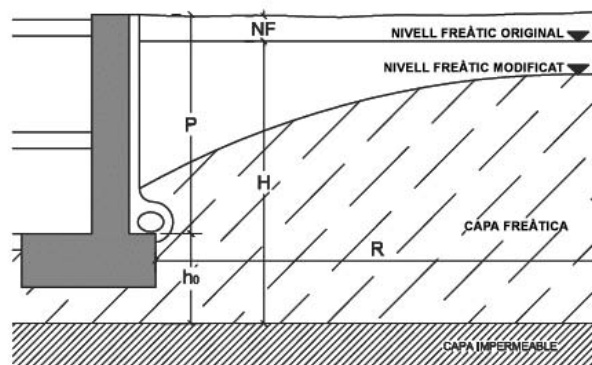


Figura C.1

## Secció HS 2

### Recollida i evacuació de residus

#### 1 Generalitats

##### 1.1 Àmbit d'aplicació

Aquesta secció s'aplica als edificis d'habitatges de nova construcció, tinguin o no locals destinats a altres usos, en el que fa referència a la recollida dels residus *ordinaris* que s'hi generen.

Per als edificis i locals amb altres usos la demostració de la conformitat amb les exigències bàsiques s'ha de realitzar mitjançant un estudi específic adoptant criteris anàlegs als establerts en aquesta secció.

##### 1.2 Procediment de verificació

Per a l'aplicació d'aquesta secció s'ha de seguir la seqüència de verificacions que s'exposa a continuació.

Compliment de les condicions de disseny i dimensionament de l'apartat 2 relatives al sistema d'emmagatzematge i trasllat de *residus*:

- a) l'existència del magatzem de *contenidors d'edifici* i les condicions relatives a aquest, quan l'edifici estigui situat en una zona en què hi hagi *recollida porta a porta* d'alguna de les fraccions dels residus *ordinaris*;
- b) l'existència de la reserva d'espai i les condicions relatives a aquest, quan l'edifici estigui situat en una zona en què hi hagi *recollida centralitzada amb contenidors de carrer* de superfície d'alguna de les fraccions dels residus *ordinaris*;
- c) les condicions relatives a la instal·lació de trasllat per *baixants*, en cas que s'hagi disposat aquesta;
- d) l'existència de l'espai d'*emmagatzematge immediat* i les condicions relatives a aquest.

Compliment de les condicions de manteniment i conservació de l'apartat 3.

#### 2 Disseny i dimensionament

##### 2.1 Magatzem de *contenidors d'edifici* i espai de reserva

Cada edifici ha de disposar com a mínim d'un magatzem de *contenidors d'edifici* per a les fraccions dels residus que tinguin *recollida porta a porta*, i, per a les fraccions que tinguin *recollida centralitzada amb contenidors de carrer* de superfície, ha de disposar d'un espai de reserva en el qual es pugui construir un magatzem de contenidors quan alguna d'aquestes fraccions passi a tenir *recollida porta a porta*.

En el cas d'habitatges aïllats o agrupats horitzontalment, el magatzem de *contenidors d'edifici* i l'espai de reserva es poden disposar de tal manera que serveixin a diversos habitatges.

**2.1.1 Situació**

1. El magatzem i l'espai de reserva, en cas que estiguin fora de l'edifici, han d'estar situats a una distància de l'accés d'aquest menor que 25 m.
2. El recorregut entre el magatzem i el punt de recollida exterior ha de tenir una amplada lliure d'1,20 m com a mínim, encara que s'admeten estrenyiments localitzats sempre que no es redueixi l'amplada lliure a menys d'1 m i que la seva longitud no sigui més gran que 45 cm. Quan en el recorregut hi hagi portes d'obertura manual aquestes s'han d'obrir en el sentit de sortida. El pendent ha de ser del 12% com a màxim i no s'han de disposar esglaons.

**2.1.2 Superfície****2.1.2.1 Superfície útil del magatzem**

1. La superfície útil del magatzem s'ha de calcular mitjançant la fórmula següent:

$$S = 0,8 \cdot P \cdot \sum (T_f \cdot G_f \cdot C_f \cdot M_f) \quad (2.1)$$

on:

S és la superfície útil [m<sup>2</sup>];

P és el nombre estimat d'ocupants habituals de l'edifici que equival a la suma del nombre total de dormitoris senzills i el doble del nombre total de dormitoris dobles;

T<sub>f</sub> és el període de recollida de la fracció [dies];

G<sub>f</sub> és el volum generat de la fracció per persona i dia [dm<sup>3</sup>/(persona·dia)], que equival als valors següents:

Paper / cartró 1,55

Envasos lleugers 8,40

Matèria orgànica 1,50

Vidre 0,48

Diversos 1,50

C<sub>f</sub> és el factor de contenidor [m<sup>2</sup>/l], que depèn de la capacitat del contenidor d'edifici que el servei de recollida exigeix per a cada fracció i que s'obté de la taula 2.1;

**Taula 2.1 Factor de contenidor**

Capacitat del contenidor d'edifici en l	C <sub>f</sub> en m <sup>2</sup> /l
120	0,0050
240	0,0042
330	0,0036
600	0,0033
800	0,0030
1.100	0,0027

M<sub>f</sub> és un factor de majoració que s'utilitza per tenir en compte que no tots els ocupants de l'edifici separen els residus i que és igual a 4 per a la fracció diversos i a 1 per a les altres fraccions.

2. Amb independència del que s'ha exposat anteriorment, la superfície útil del magatzem ha de ser com a mínim 3 m<sup>2</sup>.

**2.1.2.2 Superfície de l'espai de reserva**

1. La superfície de reserva s'ha de calcular mitjançant la fórmula següent:

$$S_R = P \cdot \sum F_f \quad (2.2)$$

on:

S<sub>R</sub> és la superfície de reserva [m<sup>2</sup>];

## Document bàsic HS Salubritat

P és el nombre estimat d'ocupants habituals de l'edifici que equival a la suma del nombre total de dormitoris senzills i el doble del nombre total de dormitoris dobles;

$F_f$  és el *factor de fracció* [ $m^2$ /persona], que s'obté de la taula 2.2.

Taula 2.2 Factor de fracció

Fracció	$F_f$ en $m^2$ /persona
Paper / cartró	0,039
Envasos lleugers	0,060
Matèria orgànica	0,005
Vidre	0,012
Diversos	0,038

- Amb independència del que s'ha exposat anteriorment, la superfície de reserva ha de ser com a mínim  $3,5 m^2$ .

### 2.1.3 Altres característiques

- El magatzem de contenidors ha de tenir les característiques següents:
  - el seu emplaçament i el seu disseny han de ser tals que la temperatura interior no superi  $30^\circ$ ;
  - el revestiment de les parets i el terra ha de ser impermeable i fàcil de netejar; les trobades entre les parets i el terra han de ser arrodonides;
  - ha de disposar almenys d'una presa d'aigua dotada de vàlvula de tancament i un embornal sífònic antimúrids a terra;
  - ha de disposar d'una il·luminació artificial que proporcioni 100 lux com a mínim a una altura respecte del terra d'1 m i d'una base d'endoll fixa 16A 2p+T segons UNE 20.315:1994;
  - ha de satisfer les condicions de protecció contra incendis que s'estableixen per als magatzems de residus en l'apartat 2 de la Secció SI-1 del DB-SI Seguretat en cas d'incendi;
  - en el cas de trasllat de *residus per baixant*
    - si es disposa una tremuja intermèdia per emmagatzemar els *residus* fins al seu pas als contenidors, aquesta ha d'anar proveïda d'una comporta per al seu buidatge i neteja, així com d'un punt de llum que proporcioni 1.000 lúmens situat al seu interior sobre la comporta, i l'interruptor del qual estigui situat fora de la tremuja;
    - el terra ha de ser flotant i ha de tenir una freqüència de ressonància de 50 Hz com a màxim calculada segons el mètode descrit en el DB HR Protecció enfront de soroll.

## 2.2 Instal·lacions de trasllat per baixants

### 2.2.1 Condicions generals

- Les comportes d'abocament s'han de situar en zones comunes i a una distància dels habitatges menor que 30 m, mesurats horitzontalment.
- El trasllat del vidre no s'ha de realitzar mitjançant el sistema de trasllat per *baixants*.

### 2.2.2 Condicions particulars dels baixants

- Els *baixants* han de ser metàl·lics o de qualsevol material de classe de reacció al foc A1, impermeable, anticorrosiu, imputrescible i resistent als cops. Les superfícies interiors han de ser llises.
- Els *baixants* s'han de separar de la resta dels recintes de l'edifici mitjançant murs que en funció de les característiques de resistència al foc siguin de classe EI-120.
- Quan s'utilitzin conductes prefabricats, aquests s'han de subjectar als elements estructurals o als murs mitjançant brides o abraçadores de tal

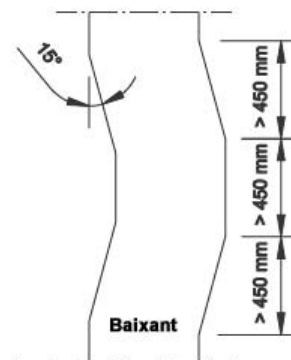


Figura 2.1 Estructura de colzes de baixant



## Document bàsic HS Salubritat

manera que la freqüència de ressonància al conjunt sigui 30 Hz com a màxim, calculada segons el mètode descrit en el DB-HR Protecció enfront de soroll.

4. Els *baixants* s'han de disposar verticalment, encara que es poden realitzar canvis de direcció respecte a la vertical no més grans que 30°. Per evitar els sorolls produïts per una velocitat excessiva en la caiguda dels residus, cada 10 m de conducte s'ha de disposar una estructura amb quatre colzes de 15° cadascun com a màxim segons la figura 2.1, o adoptar-se una altra solució que produeixi el mateix efecte.
5. Els *baixants* han de tenir un diàmetre de 450 mm com a mínim.
6. Els *baixants* dels sistemes de trasllat per gravetat s'han de ventilar per l'extrem superior amb un aspirador estàtic i, a l'extrem esmentat, s'ha de disposar una presa d'aigua amb ràcord per a mànega i una comporta per a neteja dotada de tancament hermètic i pany.
7. Els *baixants* dels sistemes pneumàtics s'han de connectar a un conducte de ventilació d'una secció no menor que 350 cm<sup>2</sup>.
8. L'extrem superior del *baixant* en els sistemes de trasllat per gravetat i del conducte de ventilació en els sistemes pneumàtics han de desembocar en un espai exterior adequat de tal manera que (vegeu la figura 2.2) el tram exterior sobre la coberta tingui una altura d'1 m com a mínim i superi les altures següents en funció del seu emplaçament:
  - a) l'altura de qualsevol obstacle que estigui a una distància compresa entre 2 i 10 m;
  - b) 1,3 vegades l'altura de qualsevol obstacle que estigui a una distància menor o igual que 2 m.

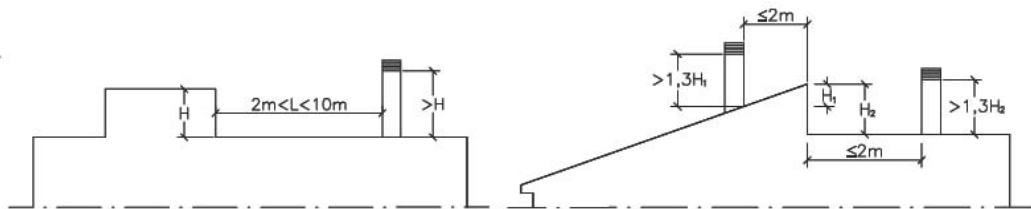


Figura 2.2 Exemples d'altura lliure de l'extrem superior del *baixant* sobre la coberta

9. A l'extrem inferior del *baixant* en els sistemes de trasllat per gravetat s'ha de disposar una comporta de tancament i un sistema que impedeixi que, com a conseqüència de l'acumulació dels residus en el tram del *baixant* immediatament superior a la comporta de tancament, els *residus* arribin a la comporta d'abocament més baixa.

### 2.2.3 Condicions particulars de les comportes d'abocament

1. Les comportes d'abocament han de ser metàl·liques o de material amb classe de reacció al foc A1, impermeable, anticorrosiu, incorruptible i resistent als cops. En funció de les característiques de resistència al foc han de ser de classe EI-60. Les superfícies interiors han de ser llises.
2. Perquè la unió de les comportes amb els *baixants* sigui estanca, s'ha de disposar un tancament amb rivet elàstic o adoptar-se una altra solució que produeixi el mateix efecte.
3. Les comportes han de ser de tal forma que permetin
  - a) l'abocament dels residus amb facilitat;
  - b) la seva neteja interior amb facilitat;
  - c) l'accés per eliminar els embussos que es produeixin als *baixants*.
4. Les comportes han d'anar proveïdes de tancament hermètic i silencioses. Per evitar que quan hi hagi una comporta oberta se'n pugui obrir una altra, s'ha de disposar un sistema d'enclavament elèctric o s'ha d'adoptar una altra solució que produeixi el mateix efecte.
5. Quan les comportes siguin circulars han de tenir un diàmetre comprès entre 300 i 350 mm i, quan siguin rectangulars, han de tenir unes dimensions compreses entre 300x300 i 350x350 mm.
6. La zona situada al voltant de la comporta i el terra adjacent d'acord amb la figura 2.3 s'han de revestir amb un acabat impermeable que sigui fàcilment rentable:

## Document bàsic HS Salubritat

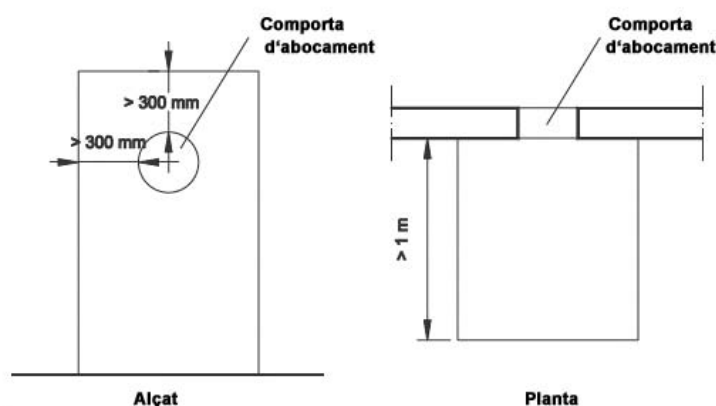


Figura 2.3 Zona d'acabat impermeable i rentable

### 2.2.4 Condicions particulars de les estacions de càrrega dels sistemes pneumàtics

1. L'estació de càrrega ha de disposar d'un tram vertical de 2,5 m de baixant per a emmagatzematge dels residus, una vàlvula de residus situada a l'extrem inferior del tram vertical i una vàlvula d'aire situada a la mateixa altura que la vàlvula de residus.
2. Les estacions de càrrega s'han de situar en un recinte que tingui les característiques següents:
  - a) els tancaments s'han de dimensionar per a una depressió de 2,95 kPa com a mínim;
  - b) ha de disposar d'una il·luminació artificial que proporcioni 100 lux com a mínim a una altura respecte del terra d'1 m i d'una base d'endoll fixa 16A 2p+T segons UNE 20.315:1994;
  - c) ha de disposar d'una porta d'accés batent cap enfora;
  - d) el revestiment de les parets i el terra ha de ser impermeable i fàcil de netejar i el d'aquest últim ha de ser a més antilliscant; les trobades entre les parets i el terra han de ser arrodonides;
  - e) ha de disposar almenys d'una presa d'aigua dotada de vàlvula de tancament i un desguàs anti-múrids.

### 2.3 Espais d'emmagatzematge immediat als habitatges

1. S'han de disposar a cada habitatge espais per emmagatzemar cadascuna de les cinc fraccions dels residus *ordinaris* que s'hi generen.
2. En el cas d'habitatges aïllats o agrupats horitzontalment, per a les fraccions de paper / cartró i vidre, es pot utilitzar com a espai d'emmagatzematge immediat el magatzem de *contenidors d'edifici*.
3. La capacitat d'emmagatzematge per a cada fracció s'ha de calcular mitjançant la fórmula següent:

$$C = CA \cdot P_v \quad (2.3)$$

on:

C és la capacitat d'emmagatzematge a l'habitatge per fracció [ $\text{dm}^3$ ];

CA és el coeficient d'emmagatzematge [ $\text{dm}^3/\text{persona}$ ] el valor del qual per a cada fracció s'obté en la taula 2.3;

Taula 2.3 Coeficient d'emmagatzematge, CA

Fracció	CA
Envasos lleugers	7,80
Matèria orgànica	3,00
Paper / cartró	10,85
Vidre	3,36
Diversos	10,50

$P_v$  és el nombre estimat d'ocupants habituals de l'habitatge, que equival a la suma del nombre total de dormitoris senzills i el doble del nombre total de dormitoris dobles.

## Document bàsic HS Salubritat

4. Amb independència del que s'ha exposat anteriorment, l'espai d'emmagatzematge de cada fracció ha de tenir una superfície en planta no menor que 30x30 cm i ha de ser igual o més gran que 45 dm<sup>3</sup>.
5. Els espais destinats a matèria orgànica i envasos lleugers s'han de disposar a la cuina o en zones annexes auxiliars.
6. Aquests espais s'han de disposar de tal manera que l'accés a aquests es pugui portar a terme sense que hi hagi necessitat de recórrer a elements auxiliars i que el punt més alt estigui situat a una altura no més gran que 1,20 m per damunt del nivell del terra.
7. L'acabat de la superfície de qualsevol element que estigui situat a menys de 30 cm dels límits de l'espai d'emmagatzematge ha de ser impermeable i fàcilment rentable.

### 3 Manteniment i conservació

#### 3.1 Magatzem de contenidors d'edifici

1. S'han de senyalitzar correctament els contenidors, segons la fracció corresponent, i el magatzem de contenidors. A l'interior del magatzem de contenidors s'ha de disposar en un suport indeleble, juntament amb altres normes d'ús i manteniment, instruccions perquè cada fracció s'aboqui al contenidor corresponent.
2. S'han de portar a terme les operacions de manteniment que, juntament amb la seva periodicitat, s'inclouen en la taula 3.1.

Taula 3.1 Operacions de manteniment

Operació	Periodicitat
Neteja dels contenidors	3 dies
Desinfecció dels contenidors	1,5 mesos
Neteja del terra del magatzem	1 dia
Rentatge amb mànega del terra del magatzem	2 setmanes
Neteja de les parets, portes, finestres, etc.	4 setmanes
Neteja general de les parets i els sostres del magatzem, incloent-hi els elements del sistema de ventilació, les lluminàries, etc.	6 mesos
Desinfecció, desinsectació i desratització del magatzem de contenidors	1,5 mesos

#### 3.2 Instal·lacions de trasllat per baixants

1. Les comportes han d'estar correctament senyalitzades segons la fracció corresponent.
2. Als recintes en què estiguin situades les comportes s'ha de disposar, en un suport indeleble, juntament amb altres normes d'ús i manteniment, les instruccions següents:
  - a) cada fracció s'ha d'abocar a la comporta corresponent;
  - b) no s'han d'abocar per cap comporta *residus* líquids, objectes tallants o punxants ni vidre;
  - c) els envasos lleugers i la matèria orgànica s'han d'abocar introduïts en envasos tancats;
  - d) els objectes de cartró que no càpiguen per la comporta s'han d'introduir trossejats i no s'han de plegar.
3. S'han de portar a terme les operacions de manteniment que, juntament amb la seva periodicitat, s'inclouen en la taula 3.2.

Taula 3.2 Operacions de manteniment

	Operació	Periodicitat
	Neteja dels <i>baixants</i> per gravetat. Revisió i reparació dels danys trobats	6 mesos
<b>Baixants</b>	Neteja dels <i>baixants</i> pneumàtics. Revisió i reparació dels danys trobats	1 any
	Neteja de les comportes d'abocament	1 setmana

## Document bàsic HS Salubritat

---

<b>Recinte d'estació de càrrega</b>	Neteja del terra	1 setmana
	Neteja de les parets, les portes, les finestres, etc.	2 mesos
	Neteja general de les parets i els sostres, incloent-hi elements del sistema de ventilació, lluminàries, etc.	6 mesos
	Desinfecció, desinsectació i desratització	6 mesos

---

## Apèndix A Terminologia

**Baixant:** conducte vertical que serveix per al trasllat per gravetat o pneumàtic dels residus des de les comportes d'abocament fins als *contenidors d'edifici* o les estacions de càrrega, respectivament.

**Contenidors de carrer:** *contenidors de recollida* públics disposats al carrer per als *residus* generats en edificis del seu entorn. Aquests contenidors poden ser de superfície, en els quals els usuaris hi dipositen els *residus* directament, o subterranis, els quals disposen d'una bústia col·locada a la superfície per a la introducció dels residus.

**Contenidors d'edifici:** *contenidors de recollida* privats per als *residus* generats en un o diversos habitatges i que se situen en el magatzem de *contenidors d'edifici*. En aquests contenidors es dipositen els *residus* a través de *baixants* o a mà.

**Contenidors de recollida:** contenidors utilitzats per dipositar les diferents fraccions dels residus *ordinaris* generats, per facilitar el seu trasllat i la seva càrrega en els camions del *servei de recollida*.

**Emmagatzematge immediat:** emmagatzematge temporal de les fraccions dels residus a l'interior de les unitats d'ús per reduir la freqüència del trasllat a mà fins als punts de recollida.

**Estació de càrrega:** part de la instal·lació de *recollida pneumàtica* situada a la part inferior del *baixant* o de la comporta d'abocament exterior que els connecta amb el tram subterrani horitzontal de la xarxa de canonades. Generalment consta d'un tram vertical, vàlvula de *residus*, vàlvula d'aire, indicadors de nivell i instrumentació d'enclavament i control. La funció del tram vertical és l'agrupament de les bosses. La vàlvula de *residus* se situa a la part inferior del tram vertical i permet la retenció i l'expedició dels residus d'acord amb les ordres de control. La vàlvula d'aire és transversal a la canonada i permet l'entrada d'aire per al transport.

**Factor de contenidor:** factor que es defineix mitjançant l'expressió següent:

$$C_f = \frac{SC}{CC} \quad (A.1)$$

on:

$C_f$  és el factor de contenidor [ $m^2/l$ ];

SC és la superfície necessària per a l'emmagatzematge i maniobra de cada contenidor d'edifici [ $m^2$ ];

CC és la capacitat de cada contenidor [l].

En la taula A.1 s'inclouen els factors de contenidor corresponents als *contenidors d'edifici* habituals.

Taula A.1 Factor de contenidor

CC en l	SC en $m^2$	$C_f$ en $m^2/l$
120	0,6	0,0050
240	1,0	0,0042
330	1,2	0,0036
600	2,0	0,0033
800	2,4	0,0030
1.100	3,0	0,0027

**Factor de fracció:** factor que es defineix mitjançant l'expressió següent:

$$F_f = T_f \cdot G_f \cdot C_f \quad (A.2)$$

on:

$F_f$  és el factor de fracció [ $m^2/persona$ ];

$T_f$  és el període de recollida de la fracció [dies];

$G_f$  és el volum generat de la fracció per persona i dia [ $dm^3/(persona \cdot dia)$ ], que equival als valors següents:

Paper / cartró 1,55

Envasos lleugers 8,40

Matèria orgànica 1,50

Vidre 0,48

Diversos 1,50

## Document bàsic HS Salubritat

$C_f$  és el *factor de contenidor* [ $m^2/l$ ].

El factor de fracció s'utilitza per determinar l'espai que s'ha de reservar als edificis situats a les zones en les quals es faci una *recollida centralitzada amb contenidors de carrer* de superfície, per la qual cosa es desconeixen els valors de  $T_f$  i  $C_f$  que s'haurien d'utilitzar en el cas d'establir-se una *recollida porta a porta*. Per això, i a falta d'aquestes dades reals, es prenen els valors establerts en la taula A.2.

Taula A.2 Factor de fracció

Fracció	$T_f$ en dies	$G_f$ en $dm^3/(persona \cdot dia)$	$C_f$ en $m^2/l$	$F_f$ en $m^2/persona$
Paper / cartró	7	1,55		0,039
Envasos lleugers	2	8,40		0,060
Matèria orgànica	1	1,50	0,0036	0,005
Vidre	7	0,48		0,012
Diversos	7	1,50		0,038

**Recollida centralitzada:** sistema en el qual el *servei de recollida* retira els *residus* dels contenidors de carrer, tant els de superfície com els subterranis.

**Recollida pneumàtica:** sistema en el qual els *residus* s'emmagatzemen en estacions de càrrega que s'alimenten a través de comportes d'abocament o bústies situades en espais comuns o públics. Els *residus* emmagatzemats s'aspiren intermitentment des d'una instal·lació central que dona servei a un conjunt d'edificis i es dipositen en els contenidors de transport que hi estan situats.

**Recollida porta a porta:** sistema en el qual el *servei de recollida* retira els *residus* dels contenidors d'edifici, bé accedint al magatzem d'aquests, bé directament a la via pública a on els treuen els usuaris.

**Residu** (d'acord amb la Llei 10/1998, de 21 d'abril, de residus. Normes reguladores dels residus): qual-sevol substància o objecte pertanyent a alguna de les categories que figuren en l'annex de la llei esmentada, del qual el seu posseïdor es desprengui o del qual tingui la intenció o obligació de desprendre's. En tot cas tenen aquesta consideració els que figurin a la Llista europea de residus (LER), aprovada per les institucions comunitàries.

**Residus ordinaris:** part dels residus *urbans* generada als edificis, amb excepció de:

- animals domèstics morts, mobles i béns;
- residus* i runa procedents d'obres menors de construcció i reparació domiciliària.

Les fraccions i els components principals d'aquests *residus* es detallen en la taula A.3.

Taula A.3 Fraccions i components principals dels *residus ordinaris*

Fracció	Components
Envasos lleugers	Bosses de plàstic
	Ampolles i garrafes de plàstic
	Brics
	Envasos de plàstic
	Llaunes metàl·liques
Matèria orgànica	Suro
	Restes de menjars
	Restes de preparació de menjars
	Tovallons de paper i paper de cuina usats
Paper i cartró	Diaris i revistes
	Embalatges de cartró
	Envasos de cartró
	Fulls de publicitat
	Paper d'oficina
Vidre	Ampolles
	Pots
Diversos <sup>(1)</sup>	Cendres
	Cuir
	Goma, cautxú
	Fustes
	Bolquers

<sup>(1)</sup> Quan alguna fracció no se separa es diposita en la fracció diversos.

---

Document bàsic HS Salubritat

---

**Residus urbans** (d'acord amb la Llei 10/1998, de 21 d'abril de 1998, de residus. Normes reguladores dels residus): els generats als domicilis particulars, comerços, oficines i serveis, així com tots els que no tinguin la qualificació de perillosos i que per la seva naturalesa o composició puguin assimilar-se als produïts als anteriors llocs o activitats. També tenen la consideració de residus urbans els següents:

- a) *residus* procedents de la neteja de vies públiques, zones verdes, àrees recreatives i platges;
- b) animals domèstics morts, així com mobles, béns i vehicles abandonats;
- c) *residus* i runa procedents d'obres menors de construcció i reparació domiciliària.

**Servei de recollida:** servei encarregat de recollir els *residus* generats als edificis i transportar-los fins a les instal·lacions de reciclatge, valorització o eliminació. Aquest servei el presta habitualment l'Administració municipal, bé directament bé a través d'empreses contractades; encara que en alguns casos ho fa una agrupació de municipis o una Administració supramunicipal.

## Apèndix B Notació

En aquest apèndix es recullen, ordenats alfabèticament, els símbols corresponents a les magnituds que s'utilitzen en aquesta secció del DB juntament amb les seves unitats.

- C: capacitat d'emmagatzematge en l'habitatge per fracció, [dm<sup>3</sup>].
- CA: coeficient d'emmagatzematge, [dm<sup>3</sup>/persona].
- CC: capacitat de cada contenidor, [l].
- C<sub>f</sub>: factor de contenidor adimensional.
- F<sub>f</sub>: factor de fracció adimensional.
- G<sub>f</sub>: volum generat de la fracció per persona i dia, [dm<sup>3</sup>/(persona·dia)].
- M<sub>f</sub>: factor de majoració adimensional.
- P: nombre estimat d'ocupants habituals de l'edifici.
- P<sub>v</sub>: nombre estimat d'ocupants habituals de l'habitatge.
- S: superfície útil, [m<sup>2</sup>].
- SC: superfície necessària per a l'emmagatzematge i maniobra d'un contenidor d'edifici, [m<sup>2</sup>].
- S<sub>R</sub>: superfície de reserva, [m<sup>2</sup>].
- T<sub>f</sub>: període de recollida de la fracció, [dia].



## Secció HS 3

### Qualitat de l'aire interior

#### 1 Generalitats

##### 1.1 Àmbit d'aplicació

- 1 Aquesta secció s'aplica als edificis d'habitatges, a l'interior d'aquests, als magatzems de residus, als trasters, als aparcaments i garatges; i als edificis de qualsevol altre ús, als aparcaments i als garatges. Es considera que formen part dels aparcaments i garatges les zones de circulació dels vehicles.
- 2 Per a *locals* d'altres tipus la demostració de la conformitat amb les exigències bàsiques s'ha de verificar mitjançant un tractament específic, adoptant criteris anàlegs als que caracteritzen les condicions establertes en aquesta secció.

##### 1.2 Procediment de verificació

- 1 Per a l'aplicació d'aquesta secció s'ha de seguir la seqüència de verificacions que s'exposa a continuació.
- 2 Compliment de les condicions establertes per als cabals de l'apartat 2.
- 3 Compliment de les condicions de disseny del sistema de ventilació de l'apartat 3:
  - a) per a cada tipus de *local*, el tipus de ventilació i les condicions relatives als mitjans de ventilació, ja sigui natural, mecànica o híbrida;
  - b) les condicions relatives als elements constructius següents:
    - i) obertures i boques de ventilació;
    - ii) *conductes d'admissió*;
    - iii) *conductes d'extracció per a ventilació híbrida*;
    - iv) *conductes d'extracció per a ventilació mecànica*;
    - v) *aspiradors híbrids, aspiradors mecànics i extractors*;
    - vi) finestres i portes exteriors.
- 4 Compliment de les condicions de dimensionament de l'apartat 4 relatives als elements constructius.
- 5 Compliment de les condicions dels productes de construcció de l'apartat 5.
- 6 Compliment de les condicions de construcció de l'apartat 6.
- 7 Compliment de les condicions de manteniment i conservació de l'apartat 7.

#### 2 Caracterització i quantificació de les exigències

- 1 El *cabal de ventilació* mínim per als *locals* s'obté en la taula 2.1 tenint en compte les regles que figuren a continuació.
- 2 El nombre d'ocupants es considera igual,
  - a) en cada dormitori individual, a un i, en cada dormitori doble, a dos;

## Document bàsic HS Salubritat

- b) en cada menjador i en cada sala d'estar, a la suma dels comptabilitzats per a tots els dormitoris de l'habitatge corresponent.
- 3 En els *locals* dels habitatges destinats a diversos usos es considera el cabal corresponent a l'ús per al qual resulti un cabal més gran.

Taula 2.1 Cabals de ventilació mínims exigits

		Cabal de ventilació mínim exigít $q_v$ en l/s		
		Per ocupant	Per m <sup>2</sup> útil	En funció d'altres paràmetres
Locals	Dormitoris	5		
	Sales d'estar i menjadors	3		
	Lavabos i cambres de bany			15 per local
	Cuines		2 <sup>(1)</sup>	50 per local <sup>(2)</sup>
	Trasters i les seves zones comunes		0,7	
	Aparcaments i garatges			120 per plaça
	Magatzems de residus		10	

<sup>(1)</sup> A les cuines amb sistema de cocció per combustió o dotades de calderes no estanques aquest cabal s'incrementa en 8 l/s.

<sup>(2)</sup> Aquest és el cabal corresponent a la ventilació addicional específica de la cuina (vegeu el paràgraf 3 de l'apartat 3.1.1).

### 3 Disseny

#### 3.1 Condicions generals dels sistemes de ventilació

##### 3.1.1 Habitatges

- 1 Els habitatges han de disposar d'un sistema general de *ventilació* que pot ser *híbrida* o *mecànica* amb les característiques següents (vegeu els exemples de la figura 3.1):
- l'aire ha de circular des dels *locals* secs als humits, per a això els menjadors, els dormitoris i les sales d'estar han de disposar d'obertures d'*admissió*; els lavabos, les cuines i les cambres de bany han de disposar d'obertures d'*extracció*; les particions situades entre els locals amb *admissió* i els locals amb *extracció* han de disposar d'*obertures de pas*;
  - els *locals* amb diversos usos dels del punt anterior han de disposar en cada zona destinada a un ús diferent de les obertures corresponents;
  - quan els tancaments exteriors siguin de classe 2, 3 o 4 segons norma UNE EN 12207:2000, s'han d'utilitzar, com a *obertures d'admissió*, obertures dotades d'*airejadors* o obertures fixes dels tancaments; quan els tancaments exteriors siguin de classe 0 o 1 es poden utilitzar com a *obertures d'admissió* les *juntes d'obertura*;
  - quan la *ventilació* sigui *híbrida* les *obertures d'admissió* han de comunicar directament amb l'exterior;
  - els *airejadors* s'han de disposar a una distància del terra més gran que 1,80 m;
  - quan algun *local* amb *extracció* estigui compartimentat, s'han de disposar *obertures de pas* entre els compartiments; l'*obertura d'extracció* s'ha de disposar en el compartiment més contaminat que, en el cas de lavabos i cambres de bany, és aquell en què està situat el vàter, i en el cas de cuines és aquell en què està situada la zona de cocció; l'*obertura de pas* que connecta amb la resta de l'habitatge ha d'estar situada al local menys contaminat;
  - les *obertures d'extracció* s'han de connectar a *conductes d'extracció* i s'han de disposar a una distància del sostre menor que 100 mm i a una distància de qualsevol racó o cantonada vertical més gran que 100 mm;
  - els *conductes d'extracció* no es poden compartir amb *locals* d'altres usos excepte amb els trasters.

## Document bàsic HS Salubritat

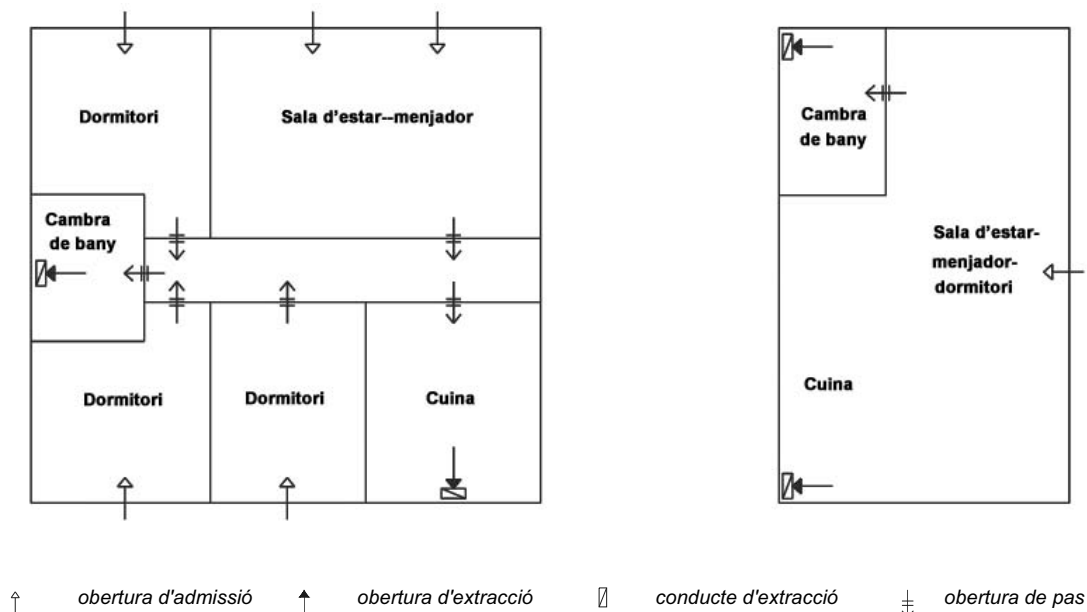


Figura 3.1 Exemples de ventilació a l'interior dels habitatges

- 2 Les cuines, menjadors, dormitoris i sales d'estar han de disposar d'un sistema complementari de ventilació natural. Per a això s'ha de disposar una finestra exterior practicable o una porta exterior.
- 3 Les cuines han de disposar d'un sistema addicional específic de ventilació amb *extracció* mecànica per als vapors i els contaminants de la cocció. Per a això s'ha de disposar un *extractor* connectat a un *conducte d'extracció* independent dels de la ventilació general de l'habitatge, que no es pot utilitzar per a l'*extracció* d'aire de *locals* d'un altre ús. Quan aquest conducte sigui compartit per diversos *extractors*, cadascun d'aquests ha d'estar dotat d'una vàlvula automàtica que mantingui oberta la seva connexió amb el conducte només quan estigui funcionant o de qualsevol altre sistema antiretorn.

### 3.1.2 Magatzems de residus

- 1 Als magatzems de residus s'ha de disposar un sistema de *ventilació* que pot ser *natural*, *híbrida* o *mecànica*.

#### 3.1.2.1 Mitjans de ventilació natural

- 1 Quan el magatzem es ventili a través d'*obertures mixtes*, aquestes s'han de disposar almenys en dues parts oposades del tancament, de tal manera que cap punt de la zona disti més de 15 m de l'obertura més pròxima.
- 2 Quan els trasters es ventilin a través d'*obertures d'admissió i extracció*, aquestes han de comunicar directament amb l'exterior i la separació vertical entre aquestes ha de ser com a mínim d'1,5 m.

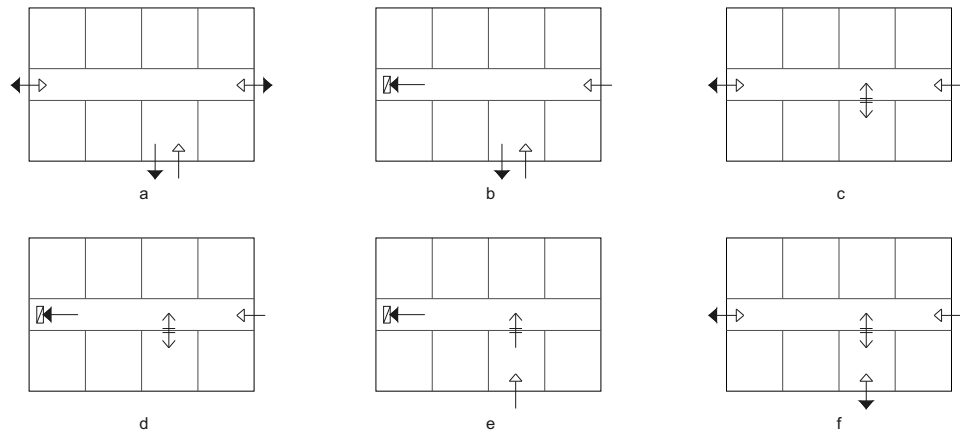
#### 3.1.2.2 Mitjans de ventilació híbrida i mecànica

- 1 Si es disposen *conductes d'admissió*, en el cas de *ventilació híbrida*, aquests no han de tenir una longitud més gran que 10 m.
- 2 Quan el magatzem estigui compartimentat, l'*obertura d'extracció* s'ha de disposar en el compartiment més contaminat, la d'*admissió* en l'altre o altres i s'han de disposar *obertures de pas* entre els compartiments.
- 3 Les *obertures d'extracció* s'han de connectar a *conductes d'extracció*.
- 4 Els *conductes d'extracció* no es poden compartir amb *locals* d'un altre ús.

### 3.1.3 Trasters

- 1 Als trasters i a les seves zones comunes s'ha de disposar un sistema de *ventilació* que pot ser *natural*, *híbrida* o *mecànica* (vegeu els exemples de la figura 3.2).

## Document bàsic HS Salubritat



- a) Ventilació independent i natural de trasters i zones comunes.
- b) Ventilació independent de trasters i zones comunes. Ventilació natural en trasters i híbrida o mecànica en zones comunes.
- c) Ventilació dependent i natural de trasters i zones comunes.
- d) Ventilació dependent de trasters i zones comunes. Ventilació natural en trasters i híbrida o mecànica en zones comunes.
- e) Ventilació dependent i híbrida o mecànica de trasters i zones comunes.
- f) Ventilació dependent i natural de trasters i zones comunes.

↑ obertura d'admissió  
 ↑ obertura d'extracció  
 ▭ conducte d'extracció

↕ obertura mixta  
 ⇄ obertures de pas

Figura 3.2 Exemples de tipus de ventilació en trasters

### 3.1.3.1 Mitjans de ventilació natural

- 1 S'han de disposar *obertures mixtes* a la zona comuna almenys en dues parts oposades del tancament, de tal manera que cap punt de la zona disti més de 15 m de l'obertura més pròxima.
- 2 Quan els trasters es ventilin a través de la zona comuna, la partició situada entre cada traster i aquesta zona ha de disposar almenys de dues *obertures de pas* separades verticalment 1,5 m com a mínim.
- 3 Quan els trasters es ventilin independentment de la zona comuna a través de les seves *obertures d'admissió i extracció*, aquestes han de comunicar directament amb l'exterior i la separació vertical entre aquestes ha de ser com a mínim d'1,5 m.

### 3.1.3.2 Mitjans de ventilació híbrida i mecànica

- 1 Quan els trasters es ventilin a través de la zona comuna, l'*extracció* s'ha de situar a la zona comuna. Les particions situades entre aquesta zona i els trasters han de disposar d'*obertures de pas*.
- 2 Les *obertures d'admissió* dels trasters han de comunicar directament amb l'exterior i les *obertures d'extracció* han d'estar connectades a un *conduïte d'extracció*.
- 3 Quan a la zona comuna es disposin *conduïtes d'admissió*, la longitud d'aquests ha de ser com a màxim de 10 m.
- 4 A les zones comunes les *obertures d'admissió* i les d'*extracció* s'han de disposar de tal manera que cap punt del *local* disti més de 15 m de l'obertura més pròxima.
- 5 Les *obertures de pas* de cada traster s'han de separar verticalment 1,5 m com a mínim.

### 3.1.4 Aparcaments i garatges de qualsevol tipus d'edifici

- 1 Als aparcaments i garatges s'ha de disposar un sistema de *ventilació* que pot ser *natural* o *mecànica*.

## Document bàsic HS Salubritat

**3.1.4.1 Mitjans de ventilació natural**

- 1 S'han de disposar *obertures mixtes* almenys en dues zones oposades de la façana de tal manera que el seu repartiment sigui uniforme i que la distància al llarg del recorregut mínim lliure d'obstacles entre qualsevol punt del *local* i l'obertura més pròxima a aquest sigui com a màxim igual a 25 m. Si la distància entre les obertures oposades més pròximes és més gran que 30 m se n'ha de disposar una altra equidistant de les dues; es permet una tolerància del 5%.
- 2 En el cas de garatges amb menys de cinc places, en lloc de les *obertures mixtes*, es poden disposar una o diverses *obertures d'admissió* que comuniquin directament amb l'exterior a la part inferior d'un tancament i una o diverses *obertures d'extracció* que comuniquin directament amb l'exterior a la part superior del mateix tancament, separades verticalment com a mínim 1,5 m.

**3.1.4.2 Mitjans de ventilació mecànica**

- 1 La ventilació s'ha de realitzar per depressió, ha de ser per a ús exclusiu de l'aparcament i es pot utilitzar una de les opcions següents:
  - a) amb *extracció* mecànica;
  - b) amb *admissió* i *extracció* mecànica.
- 2 S'ha d'evitar que es produeixin estancaments dels gasos contaminants i per a això, les obertures de ventilació s'han de disposar de la manera indicada a continuació o de qualsevol altra que produeixi el mateix efecte:
  - a) hi hagi una *obertura d'admissió* i una altra d'*extracció* per cada 100 m<sup>2</sup> de superfície útil;
  - b) la separació entre *obertures d'extracció* més pròximes sigui menor que 10 m.
- 3 Com a mínim s'han d'emplaçar dues terceres parts de les *obertures d'extracció* a una distància del sostre menor o igual a 0,5 m.
- 4 Als *aparcaments compartimentats* en els quals la *ventilació* sigui conjunta s'han de disposar les *obertures d'admissió* en els compartiments i les d'*extracció* en les zones de circulació comunes de tal manera que en cada compartiment es disposi almenys una *obertura d'admissió*.
- 5 S'han de disposar una o diverses xarxes de *conductes d'extracció* dotades de l'*aspirador mecànic* corresponent, en funció del nombre de places de l'aparcament P, d'acord amb els valors que figuren en la taula 3.1.

Taula 3.1 Nombre mínim de xarxes de conductes d'extracció

$P \leq 15$	1
$15 < P \leq 80$	2
$80 < P$	$1 + \text{part sencera de } \frac{P}{40}$

- 6 Als *aparcaments* amb més de cinc places s'ha de disposar un sistema de detecció de monòxid de carboni que activi automàticament els *aspiradors mecànics* quan s'assoleixi una concentració de 50 ppm en *aparcaments* on es prevegi que hi hagi empleats i una concentració de 100 ppm en cas contrari.

**3.2 Condicions particulars dels elements****3.2.1 Obertures i boques de ventilació**

- 1 Les *obertures d'admissió* que comuniquen el *local* directament amb l'exterior, les *mixtes* i les *boques de captació* han d'estar en contacte amb un espai exterior prou gran per permetre que a la seva planta s'hi pugui situar un cercle el diàmetre del qual sigui igual a un terç de l'altura del tancament més baix dels que el delimiten i no menor que 4 m, de tal manera que cap punt del tancament esmentat resulti interior al cercle i que quan les obertures estiguin situades en una reculada, aquesta disposi d'una amplada que compleixi les condicions següents:
  - a) sigui igual o més gran que 3 m quan la profunditat de la reculada estigui compresa entre 1,5 i 3 m;
  - b) sigui igual o més gran que la profunditat quan aquesta sigui més gran o igual que 3 m.

## Document bàsic HS Salubritat

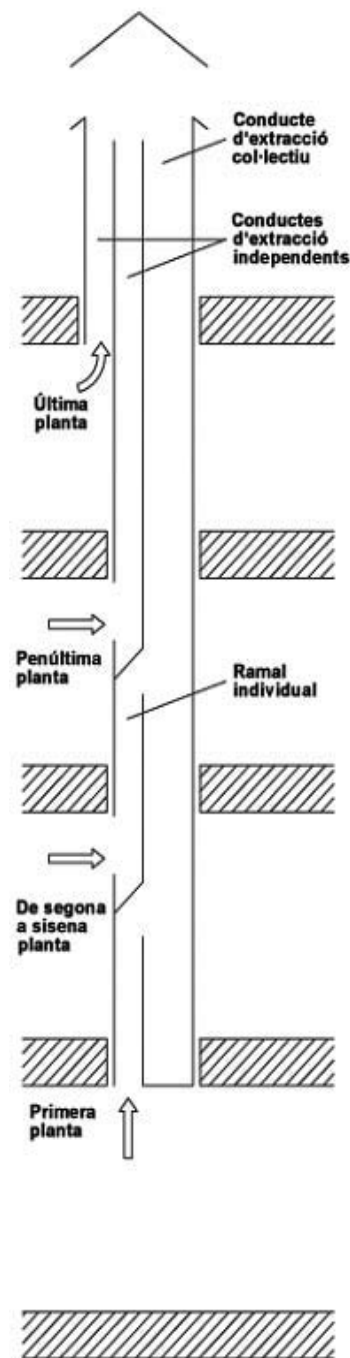
- 2 Es poden utilitzar com a *obertura de pas* un *airejador* o l'espai existent entre les fulles de les portes i el terra.
- 3 Les *obertures de ventilació* en contacte amb l'exterior s'han de disposar de tal manera que s'eviti l'entrada d'aigua de pluja o estar dotades d'elements adequats per al mateix fi.
- 4 Les *boques d'expulsió* s'han de situar separades horitzontalment 3 m com a mínim, de qualsevol element d'entrada d'aire de ventilació (*boca de captació*, *obertura d'admissió*, porta exterior i finestra), del límit de la parcel·la i de qualsevol punt on hi pugui haver persones de manera habitual que es trobin a menys de 10 m de distància de la boca.
- 5 Les *boques d'expulsió* han de disposar de malla antiocells o altres elements similars.
- 6 En el cas de *ventilació híbrida*, la *boca d'expulsió* s'ha d'ubicar a la coberta de l'edifici a una altura sobre aquesta d'1 m com a mínim i ha de superar les altures següents en funció del seu emplaçament (vegeu els exemples de la figura 3.4):
  - a) l'altura de qualsevol obstacle que estigui a una distància compresa entre 2 i 10 m;
  - b) 1,3 vegades l'altura de qualsevol obstacle que estigui a una distància menor o igual que 2 m;
  - c) 2 m en cobertes transitables.

### 3.2.2 Conductes d'admissió

- 1 Els conductes han de tenir una secció uniforme i estar mancats d'obstacles en tot el seu recorregut.
- 2 Els conductes han de tenir un acabat que en dificulti l'embrutiment i han de ser practicables per al seu registre i neteja cada 10 m com a màxim en tot el seu recorregut.

### 3.2.3 Conductes d'extracció per a ventilació híbrida

- 1 Cada conducte d'extracció ha de disposar a la boca d'expulsió d'un aspirador híbrid.
- 2 Els conductes han de ser verticals.
- 3 Si els conductes són col·lectius no han de servir més de 6 plantes. Els conductes de les dues últimes plantes han de ser individuals. La connexió de les *obertures d'extracció* amb els conductes col·lectius s'ha de fer a través de ramals verticals cadascun dels quals ha de desembocar en el conducte immediatament per sota del ramal següent (vegeu l'exemple de la figura 3.3).
- 4 Els conductes han de tenir una secció uniforme i estar mancats d'obstacles en tot el seu recorregut.
- 5 Els conductes que travessin elements separadors de sectors d'incendi han de complir les condicions de resistència al foc de l'apartat 3 de la secció SI1.
- 6 Els conductes han de tenir un acabat que en dificulti l'embrutiment i han de ser practicables per al seu registre i neteja en la coronació i en l'arrencada.
- 7 Els conductes han de ser estancs a l'aire per a la seva pressió de dimensionament.



**Figura 3.3**  
Exemple de conducte d'extracció per a ventilació híbrida amb conducte col·lectiu

### 3.2.4 Conductes d'extracció per a ventilació mecànica

- 1 Cada conducte d'extracció, llevat dels de la ventilació específica de les cuines, ha de disposar a la boca d'expulsió d'un aspirador mecànic, i diversos conductes d'extracció poden compartir un mateix aspirador mecànic (vegeu els exemples de la figura 3.5).

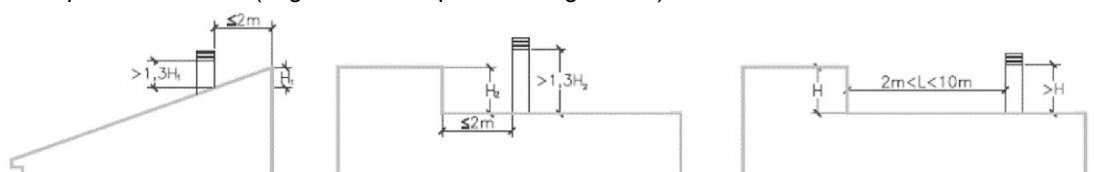
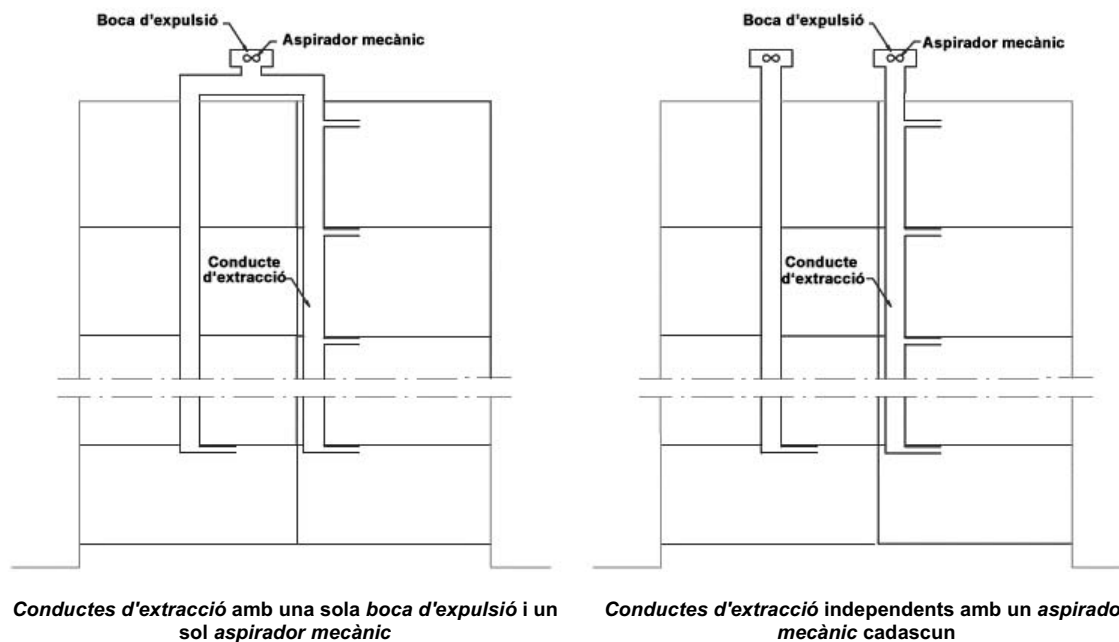


Figura 3.4 Exemples d'altura lliure de la boca d'expulsió sobre la coberta



Conductes d'extracció amb una sola boca d'expulsió i un sol aspirador mecànic

Conductes d'extracció independents amb un aspirador mecànic cadascun

Figura 3.5 Exemples de disposició d'aspiradors mecànics

- 2 Els conductes han de ser verticals. S'exceptuen d'aquesta condició els trams de connexió de les obertures d'extracció amb els conductes o ramals corresponents.
- 3 La secció de cada tram del conducte comprès entre dos punts consecutius amb aportació o sortida d'aire ha de ser uniforme.
- 4 Els conductes han de tenir un acabat que en dificulti l'embrutiment i ser practicables per al seu registre i neteja en la coronació i en l'arrencada dels trams verticals.
- 5 Quan es prevegi que a les parets dels conductes es pugui assolir la temperatura de rosada, aquests s'han d'aïllar tèrmicament de tal manera que s'eviti que es produeixin condensacions.
- 6 Els conductes que travessin elements separadors de sectors d'incendi han de complir les condicions de resistència al foc de l'apartat 3 de la secció SI1.
- 7 Els conductes han de ser estancs a l'aire per a la seva pressió de dimensionament.
- 8 Quan el conducte per a la ventilació específica addicional de les cuines sigui col·lectiu, cada extractor s'hi ha de connectar mitjançant un ramal que ha de desembocar en el conducte d'extracció immediatament per sota del ramal següent (vegeu els exemples de la figura 3.6).

## Document bàsic HS Salubritat

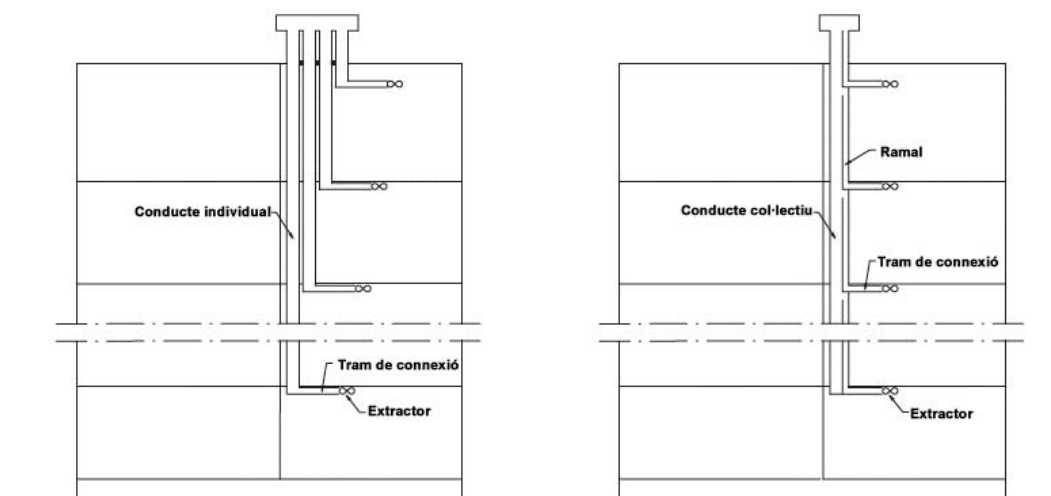


Figura 3.6 Exemples de conductes per a la ventilació específica addicional de les cuines

**3.2.5 Aspiradors híbrids, aspiradors mecànics i extractors**

- 1 Els *aspiradors mecànics* i els *aspiradors híbrids* s'han de disposar en un lloc accessible per realitzar la seva neteja.
- 2 Abans dels extractors de les cuines s'ha de disposar un filtre de greixos i olis dotat d'un dispositiu que indiqui quan s'ha de reemplaçar o netejar aquest filtre.
- 3 S'ha de disposar un sistema automàtic que actuï de tal manera que tots els *aspiradors híbrids* i *mecànics* de cada habitatge funcionin simultàniament o adoptar qualsevol altra solució que impedeixi la inversió del desplaçament de l'aire en tots els punts.

**3.2.6 Finestres i portes exteriors**

- 1 Les finestres i portes exteriors que es disposin per a la ventilació natural complementària han d'estar en contacte amb un espai que tingui les mateixes característiques que l'exigit per a les *obertures d'admissió*.

**4 Dimensionament****4.1 Obertures de ventilació**

- 1 L'àrea efectiva total de les *obertures de ventilació* de cada *local* ha de ser com a mínim la més gran de les que s'obtenen mitjançant les fórmules que figuren en la taula 4.1.

Taula 4.1 Àrea efectiva de les obertures de ventilació d'un local en cm<sup>2</sup>

Obertures de ventilació	<b>Obertures d'admissió</b> <sup>(1)</sup>	4 · q <sub>v</sub> o 4 · q <sub>va</sub>
	<b>Obertures d'extracció</b>	4 · q <sub>v</sub> o 4 · q <sub>ve</sub>
	<b>Obertures de pas</b>	70 cm <sup>2</sup> o 8 · q <sub>vp</sub>
	<b>Obertures mixtes</b> <sup>(2)</sup>	8 · q <sub>v</sub>

(1) Quan es tracti d'una *obertura d'admissió* constituïda per una *obertura fixa*, la dimensió que s'obtingui de la taula no podrà excedir en més d'un 10%.

(2) L'àrea efectiva total de les *obertures mixtes* de cada zona oposada de façana i de la zona equidistant ha de ser com a mínim l'àrea total exigida.



## Document bàsic HS Salubritat

on:

- $q_v$ : és el *cabal de ventilació* mínim exigut del local [l/s], obtingut de la taula 2.1.
- $q_{va}$  és el *cabal de ventilació* corresponent a cada *obertura d'admissió* del local calculat per un procediment d'equilibratge de cabals d'*admissió* i d'*extracció* i amb una hipòtesi de circulació de l'aire segons la distribució dels locals, [l/s].
- $q_{ve}$  és el *cabal de ventilació* corresponent a cada *obertura d'extracció* del local calculat per un procediment d'equilibratge de cabals d'*admissió* i d'*extracció* i amb una hipòtesi de circulació de l'aire segons la distribució dels locals, [l/s].
- $q_{vp}$  és el *cabal de ventilació* corresponent a cada *obertura de pas* del local calculat per un procediment d'equilibratge de cabals d'*admissió* i d'*extracció* i amb una hipòtesi de circulació de l'aire segons la distribució dels locals, [l/s].

## 4.2 Conductes d'extracció

### 4.2.1 Conductes d'extracció per a ventilació híbrida

- La secció dels *conductes d'extracció* ha de ser com a mínim l'obtinguda de la taula 4.2 en funció del cabal d'aire en el tram del conducte i de la classe del tiratge, que es determinen de la forma següent:
  - el cabal d'aire en el tram del conducte [l/s],  $q_{vt}$ , que és igual a la suma de tots els cabals que passen per les *obertures d'extracció* que desemboquen en el tram;
  - la classe del tiratge s'obté en la taula 4.3 en funció del nombre de plantes existents entre la més baixa que desemboca al conducte i l'última, les dues incloses, i de la *zona tèrmica* en la qual se situa l'edifici d'acord amb la taula 4.4.

Taula 4.2 Seccions del *conducte d'extracció* en  $\text{cm}^2$ 

		Classe de tiratge			
		T-1	T-2	T-3	T-4
Cabal d'aire en el tram del conducte en l/s	$q_{vt} \leq 100$	1 x 225	1 x 400	1 x 625	1 x 625
	$100 < q_{vt} \leq 300$	1 x 400	1 x 625	1 x 625	1 x 900
	$300 < q_{vt} \leq 500$	1 x 625	1 x 900	1 x 900	2 x 900
	$500 < q_{vt} \leq 750$	1 x 625	1 x 900	1 x 900 + 1 x 625	3 x 900
	$750 < q_{vt} \leq 1\,000$	1 x 900	1 x 900 + 1 x 625	2 x 900	3 x 900 + 1 x 625

Taula 4.3 Classes de tiratge

		Zona tèrmica			
		W	X	Y	Z
Nre. de plantes	1				
	2			T-3	T-4
	3				
	4		T-2		
	5				
	6				
	7		T-1		
	$\geq 8$				T-2

Taula 4.4 Zones tèrmiques

Província	Altitud en m		Província	Altitud en m	
	$\leq 800$	$> 800$		$\leq 800$	$> 800$
Àlaba	W	W	Las Palmas	Z	Y
Albacete	X	W	Lleó	W	W
Alacant	Z	Y	Lleida	Y	X
Almeria	Z	Y	Lugo	W	W
Astúries	X	W	Madrid	X	W
Àvila	W	W	Màlaga	Z	Y
Badajoz	Z	Y	Melilla	Z	-
Balears	Z	Y	Múrcia	Z	Y
Barcelona	Z	Y	Navarra	X	W

## Document bàsic HS Salubritat

Burgos	W	W	Orense	X	W
Càceres	Z	Y	Palència	W	W
Cadix	Z	Y	Pontevedra	Y	X
Cantàbria	X	W	Rioja, la	Z	Y
Castelló	Z	Y	Salamanca	Y	X
Ceuta	Z	-	Sta. Cruz Tenerife	X	W
Ciudad Real	Y	X	Segòvia	W	W
Còrdova	Z	Y	Sevilla	Z	Y
Corunya, la	X	W	Sòria	W	W
Conca	W	W	Tarragona	Y	X
Girona	Y	X	Terol	W	W
Granada	Y	X	Toledo	Y	X
Guadalajara	X	W	València	Z	Y
Guipúscoa	X	W	Valladolid	W	W
Huelva	Z	Y	Biscaia	X	W
Osca	X	W	Zamora	X	W
Jaén	Z	Y	Saragossa	Y	X

- 2 La secció de cada ramal ha de ser, com a mínim, igual a la meitat de la del conducte col·lectiu en el qual desemboca.

#### 4.2.2 Conductes d'extracció per a ventilació mecànica

- 1 Quan els conductes es disposin contigus a un *local habitable*, llevat que estiguin a la coberta, perquè el nivell sonor continu equivalent estandarditzat ponderat produït per la instal·lació no superi 30 dBA, la secció nominal de cada tram del *conducte d'extracció* ha de ser com a mínim igual a l'obtinguda mitjançant la fórmula 4.1 o qualsevol altra solució que proporcioni el mateix efecte

$$S = 2,50 \cdot q_{vt} \quad (4.1)$$

on:

$q_{vt}$  és el el cabal d'aire en el tram del conducte [l/s], que és igual a la suma de tots els cabals que passen per les *obertures d'extracció* que desemboquen en el tram.

- 2 Quan els conductes es disposin a la coberta, la secció ha de ser com a mínim igual a l'obtinguda mitjançant la fórmula

$$S = 2 \cdot q_{vt} \quad (4.2)$$

#### 4.3 Aspiradors híbrids, aspiradors mecànics i extractors

- 1 S'han de dimensionar d'acord amb el cabal extret i per a una depressió suficient per contrarestar les pèrdues de pressió previstes del sistema.
- 2 Els *extractors* s'han de dimensionar d'acord amb el cabal mínim per a cada cuina indicat en la taula 2.1 per a la ventilació addicional d'aquestes.

#### 4.4 Finestres i portes exteriors

- 1 La superfície total practicable de les finestres i portes exteriors de cada *local* ha de ser com a mínim una vintena part de la superfície útil d'aquest.

### 5 Productes de construcció

#### 5.1 Característiques exigibles als productes

- 1 De manera general, tots els materials que s'utilitzin en els sistemes de ventilació han de complir les condicions següents:
- l'especificat en els apartats anteriors;
  - l'especificat en la legislació vigent;
  - que siguin capaços de funcionar eficaçment en les condicions previstes de servei.

## Document bàsic HS Salubritat

- 2 Es consideren acceptables els conductes de xapa fabricats d'acord amb les condicions de la norma UNE 100 102:1988.

## 5.2 Control de recepció en obra de productes

- 1 En el plec de condicions del projecte s'han d'indicar les condicions particulars de control per a la recepció dels productes, incloent-hi els assaigs necessaris per comprovar que aquests reuneixen les característiques exigides en els apartats anteriors.
- 2 S'ha de comprovar que els productes rebuts:
  - a) corresponen als especificats en el plec de condicions del projecte;
  - b) disposen de la documentació exigida;
  - c) estan caracteritzats per les propietats exigides;
  - d) han estat assajats, quan així s'estableixi en el plec de condicions o ho determini el director de l'execució de l'obra amb el vistiplau del director d'obra, amb la freqüència establerta.
- 3 En el control s'han de seguir els criteris indicats a l'article 7.2 de la part I del CTE.

## 6 Construcció

- 1 En el projecte s'han de definir i justificar les característiques tècniques mínimes que han de reunir els productes, així com les condicions d'execució de cada unitat d'obra, amb les verificacions i els controls especificats per comprovar la seva conformitat amb el que s'indica en el projecte esmentat, segons el que exposa l'article 6 de la part I del CTE.

### 6.1 Execució

- 1 Les obres de construcció de l'edifici, amb relació a aquesta secció, s'han d'executar amb subjecció al projecte, a la legislació aplicable, a les normes de la bona pràctica constructiva i a les instruccions del director d'obra i del director de l'execució de l'obra, d'acord amb el que exposa l'article 7 de la part I del CTE. En el plec de condicions s'han d'indicar les condicions particulars d'execució dels sistemes de ventilació.

#### 6.1.1 Obertures

- 1 Quan les obertures es disposin directament al mur s'ha de col·locar un passamurs la secció interior del qual tingui les dimensions mínimes de ventilació previstes i s'han de segellar els extrems en la seva trobada amb aquest. Els elements de protecció de les obertures s'han de col·locar de tal manera que no es permeti l'entrada d'aigua des de l'exterior.
- 2 Els elements de protecció de les *obertures d'extracció*, quan disposin de lamelles, s'han de col·locar amb aquestes inclinades en la direcció de la circulació de l'aire.

#### 6.1.2 Conductes d'extracció

- 1 S'ha de preveure el pas dels conductes a través dels forjats i altres elements de partició horitzontal de tal manera que s'executin aquells elements necessaris per a això com ara jous i congrenys. Els espais de pas dels forjats han de proporcionar una amplitud perimètrica de 20 mm i aquesta s'ha d'omplir amb aïllant tèrmic.
- 2 El tram de conducte corresponent a cada planta s'ha de recolzar sobre el forjat inferior d'aquesta.
- 3 Per a *conductes d'extracció per a ventilació híbrida*, les peces s'han de col·locar vigilant l'aplomat; s'admet una desviació de la vertical de fins a 15° amb transicions suaus.
- 4 Quan les peces siguin de formigó en massa o ceràmiques, s'han de rebre amb morter de ciment tipus M-5a (1:6), evitant la caiguda de restes de morter a l'interior del conducte i enrasant la junta pels dos costats. Quan siguin d'un altre material, s'han de realitzar les unions previstes en el sistema, controlant l'estanquitat de les seves juntes.

## Document bàsic HS Salubritat

- 5 Les *obertures d'extracció* connectades a *conductes d'extracció* s'han de tancar adequadament per evitar l'entrada de runa o altres objectes en els conductes fins que es col·loquin els elements de protecció corresponents.
- 6 Es consideren satisfactoris els conductes de xapa executats segons l'especificat en la norma UNE 100 102:1988.

**6.1.3 Sistemes de ventilació mecànics**

- 1 L'*aspirador híbrid* o l'*aspirador mecànic*, si s'escau, s'ha de col·locar aplomat i subjecte al *conducció d'extracció* o al seu revestiment.
- 2 El sistema de ventilació mecànica s'ha de col·locar sobre el suport de manera estable i utilitzant elements antivibratoris.
- 3 Els enllaços i connexions han de ser estancs i estar protegits per evitar l'entrada o sortida d'aire en aquests punts.

**6.2 Control de l'execució**

- 1 El control de l'execució de les obres s'ha de realitzar d'acord amb les especificacions del projecte, els seus annexos i modificacions autoritzats pel director d'obra i les instruccions del director de l'execució de l'obra, d'acord amb el que s'indica a l'article 7.3 de la part I del CTE i altra normativa vigent d'aplicació.
- 2 S'ha de comprovar que l'execució de l'obra es porta a terme d'acord amb els controls i amb la freqüència d'aquests establerta en el plec de condicions del projecte.
- 3 Qualsevol modificació que es pugui introduir durant l'execució de l'obra ha de quedar en la documentació de l'obra executada sense que en cap cas deixin de complir-se les condicions mínimes assenyalades en aquest Document bàsic.

**6.3 Control de l'obra acabada**

- 1 En el control s'han de seguir els criteris indicats a l'article 7.4 de la part I del CTE. En aquesta secció del DB no es prescriuen proves finals.

**7 Manteniment i conservació**

- 1 S'han de realitzar les operacions de manteniment que, juntament amb la seva periodicitat, s'inclouen en la taula 7.1 i les correccions pertinents en cas que es detectin defectes.

Taula 7.1 Operacions de manteniment

	Operació	Periodicitat
<b>Conductes</b>	Neteja	1 any
	Comprovació de l'estanquitat aparent	5 anys
<b>Obertures</b>	Neteja	1 any
<b>Aspiradors híbrids, mecànics, i extractors</b>	Neteja	1 any
	Revisió de l'estat de funcionalitat	5 anys
<b>Filtres</b>	Revisió de l'estat	6 mesos
	Neteja o substitució	1 any
<b>Sistemes de control</b>	Revisió de l'estat dels seus automatismes	2 anys

## Apèndix A Terminologia

**Admissió:** entrada en un *local* d'aire exterior per a la seva ventilació i, en alguns casos, també per a la d'altres *locals*.

**Airejador:** element que es disposa a les *obertures d'admissió* per dirigir adequadament el flux d'aire i impedir l'entrada d'aigua i d'insectes o ocells. Pot ser regulable o d'obertura fixa i pot disposar d'elements addicionals per obtenir una atenuació acústica adequada. Es pot situar tant als tancaments com al mur del tancament.

**Aparcament compartimentat:** aparcament col·lectiu en el qual les places corresponents a usuaris diferents es troben separades entre si i de la zona comuna de circulació per mitjà de particions.

**Àrea efectiva (d'una obertura):** àrea de la secció perpendicular a la direcció del moviment de l'aire que està lliure d'obstacles.

**Aspirador híbrid:** dispositiu de la *ventilació híbrida*, col·locat a la *boca d'expulsió*, que permet l'extracció de l'aire per tiratge natural quan la pressió i la temperatura ambientals són favorables per garantir el cabal necessari i que, mitjançant un *ventilador*, extreu automàticament l'aire quan aquestes magnituds són desfavorables.

**Aspirador mecànic:** dispositiu de la *ventilació mecànica*, col·locat a la *boca d'expulsió* que té un *ventilador* per extreure automàticament l'aire de manera contínua.

**Boca de captació:** extrem exterior d'un *conducció d'admissió* pel qual entra l'aire exterior, que està dotat d'elements de protecció per impedir l'entrada d'aigua i d'insectes.

**Boca d'expulsió:** extrem exterior d'un *conducció d'extracció* pel qual surt l'aire viciat, que està dotat d'elements de protecció per impedir l'entrada d'aigua i d'ocells.

**Cabal de ventilació:** volum d'aire que, en condicions normals, s'aporta a un *local* per unitat de temps.

**Conducció d'admissió:** conducció que serveix per introduir l'aire exterior a l'interior d'un *local* quan cap dels elements constructius que el conformen està en contacte amb un espai exterior apte perquè s'hi pugui disposar l'obertura d'entrada de l'aire de ventilació.

**Conducció d'extracció:** conducció que serveix per treure l'aire viciat a l'exterior.

**Contaminants (de l'aire):** substàncies que, durant l'ús d'un *local*, s'incorporen a l'aire interior i deterioren la seva qualitat fins al punt que pot produir molèsties inacceptables o malalties en els ocupants del *local*.

**Depressió:** valor absolut de la diferència de pressió entre un punt qualsevol del sistema de ventilació i un altre amb més pressió que es pren com a referència.

**Expulsió:** sortida a l'exterior de l'aire viciat.

**Extracció:** evacuació cap a l'exterior de l'aire viciat d'un *local*. Aquest aire pot haver-se contaminat al mateix local o en altres comunicats amb aquest.

**Extractor:** *ventilador* que serveix per extreure de manera localitzada els contaminants.

**Filtre:** element d'un sistema de ventilació que serveix per retenir la brutícia de l'aire amb la finalitat d'evitar l'embrutiment dels dispositius i aparells pels quals aquest passa i la contaminació de l'aire exterior.

**Junta d'obertura:** línia de discontinuïtat existent entre el marc i la fulla i entre dues fulles d'una finestra o porta exterior.

**Local:** recinte interior. En cas que dos *locals* contigus estiguin comunicats per un espai lliure es considera que formen un sol *local* quan l'àrea d'aquest espai sigui més gran o igual que 1,5 m<sup>2</sup> i que una vintena part de la suma de les àrees dels dos *locals*.

**Local habitable:** *local* destinat a l'ús de persones la densitat d'ocupació i temps d'estada de les quals exigeixen unes condicions acústiques, tèrmiques i de salubritat adequades. Es consideren locals habitables, dins de l'àmbit d'aplicació d'aquesta secció, els següents:

- a) habitacions i estances (dormitoris, menjadors, biblioteques, salons, etc.);
- b) cuines, banys, lavabos i passadissos i distribuïdors interiors dels habitatges.

**Obertura d'admissió:** *obertura de ventilació* que serveix per a l'*admissió*, comunicant el *local* amb l'exterior, directament o a través d'un *conducció d'admissió*.

**Obertura d'extracció:** *obertura de ventilació* que serveix per a l'*extracció*, comunicant el *local* amb l'exterior, directament o a través d'un *conducció d'extracció*.

---

**Document bàsic HS Salubritat**

---

**Obertura de pas:** *obertura de ventilació* que serveix per permetre el pas d'aire d'un *local* a un altre contigu.

**Obertura de ventilació:** forat practicat en un dels elements constructius que delimiten un *local* per permetre la transferència d'aire entre aquest i un altre *local* contigu o l'espai exterior.

**Obertura fixa (d'un tancament):** obertura estable que s'aconsegueix mitjançant la mateixa configuració del tancament o mitjançant un dispositiu especial que manté les fulles en una posició que la permeti.

**Obertura mixta:** *obertura de ventilació* que comunica el *local* directament amb l'exterior i que en certes circumstàncies funciona com a *obertura d'admissió* i en altres com a *obertura d'extracció*.

**Secció nominal (d'un conducte):** valor teòric aproximat al valor real de l'àrea lliure de la secció recta d'un conducte que s'agafa com a representatiu d'aquest.

**Sistema de detecció de monòxid de carboni:** sistema automàtic de vigilància de la concentració de monòxid de carboni existent en un *local*. S'utilitza per posar en funcionament els *aspiradors mecànics* del sistema de ventilació quan s'assoleixen els valors de la concentració considerats inadequats o perillosos.

**Temperatura de rosada:** temperatura fins a la qual ha de ser refredat l'aire contingut en un *local* perquè s'iniciï la condensació del vapor d'aigua perquè s'assoleix la saturació.

**Tiratge:** moviment ascendent de l'aire entre dos punts produït per la diferència de temperatura existent entre aquests.

**Ventilació:** procés de renovació de l'aire dels locals per limitar el deteriorament de la seva qualitat, des del punt de vista de la seva composició, que es porta a terme mitjançant entrada d'aire exterior i evacuació d'aire viciat.

**Ventilació híbrida:** ventilació en la qual, quan les condicions de pressió i temperatura ambientals són favorables, la renovació de l'aire es produeix com en la ventilació natural i, quan són desfavorables, com en la ventilació amb *extracció* mecànica.

**Ventilació mecànica:** ventilació en la qual la renovació de l'aire es produeix pel funcionament d'aparells electromecànics disposats a l'efecte. Pot ser amb *admissió* mecànica, amb *extracció* mecànica o equilibrada.

**Ventilació natural:** ventilació en la qual la renovació de l'aire es produeix exclusivament per l'acció del vent o per l'existència d'un gradient de temperatures entre el punt d'entrada i el de sortida.

**Ventilador:** aparell electromecànic dotat d'un motor i d'un conjunt d'aspes o d'àleps accionats per aquest que s'utilitza per extreure o impulsar l'aire.

**Zona tèrmica:** zona geogràfica que engloba tots els punts en els quals la temperatura mitjana anual,  $T_m$ , està compresa dins del mateix interval dels següents:

zona W:  $T_m \leq 14 \text{ }^\circ\text{C}$

zona X:  $14 \text{ }^\circ\text{C} < T_m \leq 16 \text{ }^\circ\text{C}$

zona Y:  $16 \text{ }^\circ\text{C} < T_m \leq 18 \text{ }^\circ\text{C}$

zona Z:  $18 \text{ }^\circ\text{C} < T_m$

## Apèndix B Notació

1 En aquest apèndix es recullen, ordenats alfabèticament, els símbols corresponents a les magnituds que s'utilitzen en aquesta secció del DB juntament amb les seves unitats.

$q_v$ : *cabal de ventilació* mínim exigit d'un *local*, [l/s].

$q_{va}$  *cabal de ventilació* corresponent a cada *obertura d'admissió* d'un local calculat per un procediment d'equilibratge de cabals d'*admissió* i d'*extracció* i amb una hipòtesi de circulació de l'aire segons la distribució dels locals, [l/s].

$q_{ve}$  *cabal de ventilació* corresponent a cada *obertura d'extracció* d'un local calculat per un procediment d'equilibratge de cabals d'*admissió* i d'*extracció* i amb una hipòtesi de circulació de l'aire segons la distribució dels locals, [l/s].

$q_{vp}$  *cabal de ventilació* corresponent a cada *obertura de pas* d'un local calculat per un procediment d'equilibratge de cabals d'*admissió* i d'*extracció* i amb una hipòtesi de circulació de l'aire segons la distribució dels locals, [l/s].

$q_{vt}$ : *cabal d'aire* existent en un tram d'un *conducte*, [l/s].

S: *secció nominal* d'un tram d'un *conducte d'extracció*, [cm<sup>2</sup>].

## **Secció HS 4**

### **Subministrament d'aigua**

## **1 Generalitats**

### **1.1 Àmbit d'aplicació**

- 1 Aquesta secció s'aplica a la instal·lació de subministrament d'aigua als edificis inclosos en l'àmbit d'aplicació general del CTE. Les ampliacions, modificacions, reformes o rehabilitacions de les instal·lacions existents es consideren incloses quan s'amplia el nombre o la capacitat dels aparells receptors existents a la instal·lació.

### **1.2 Procediment de verificació**

- 1 Per a l'aplicació d'aquesta secció s'ha de seguir la seqüència de verificacions que s'exposa a continuació.
- 2 Compliment de les condicions de disseny de l'apartat 3.
- 3 Compliment de les condicions de dimensionament de l'apartat 4.
- 4 Compliment de les condicions d'execució de l'apartat 5.
- 5 Compliment de les condicions dels productes de construcció de l'apartat 6.
- 6 Compliment de les condicions d'ús i manteniment de l'apartat 7.

## **2 Caracterització i quantificació de les exigències**

### **2.1 Propietats de la instal·lació**

#### **2.1.1 Qualitat de l'aigua**

- 1 L'aigua de la instal·lació ha de complir el que estableix la legislació vigent sobre l'aigua per a consum humà.
- 2 Les companyies subministradores han de facilitar les dades de cabal i pressió que serviran de base per al dimensionament de la instal·lació.
- 3 Els materials que s'hagin d'utilitzar en la instal·lació, amb relació a la seva afectació a l'aigua que subministrin, s'han d'ajustar als requisits següents:
  - a) per a les canonades i accessoris s'han d'utilitzar materials que no produeixin concentracions de substàncies nocives que excedeixin els valors permesos pel Reial decret 140/2003, de 7 de febrer;
  - b) no han de modificar les característiques organolèptiques ni la salubritat de l'aigua subministrada;
  - c) han de ser resistents a la corrosió interior;
  - d) han de ser capaços de funcionar eficaçment en les condicions de servei previstes;
  - e) no han de presentar incompatibilitat electroquímica entre si;



## Document bàsic HS Salubritat

- f) han de ser resistents a temperatures de fins a 40 °C, i a les temperatures exteriors del seu entorn immediat;
  - g) han de ser compatibles amb l'aigua subministrada i no han d'afavorir la migració de substàncies dels materials en quantitats que siguin un risc per a la salubritat i netedat de l'aigua de consum humà;
  - h) el seu envelliment, fatiga, durabilitat i les restants característiques mecàniques, físiques o químiques no han de disminuir la vida útil prevista de la instal·lació.
- 4 Per complir les condicions anteriors es poden utilitzar revestiments, sistemes de protecció o sistemes de tractament d'aigua.
- 5 La instal·lació de subministrament d'aigua ha de tenir característiques adequades per evitar el desenvolupament de gèrmens patògens i no afavorir el desenvolupament de la biocapa (biofilm).

**2.1.2 Protecció contra retorns**

- 1 S'han de disposar sistemes antiretorn per evitar la inversió del sentit del flux en els punts que figuren a continuació, així com en qualsevol altre que resulti necessari:
- a) després dels comptadors;
  - b) a la base de les ascendents;
  - c) abans de l'equip de tractament d'aigua;
  - d) als tubs d'alimentació no destinats a usos domèstics;
  - e) abans dels aparells de refrigeració o climatització.
- 2 Les instal·lacions de subministrament d'aigua no es poden connectar directament a instal·lacions d'evacuació ni a instal·lacions de subministrament d'aigua provinent d'un altre origen que la xarxa pública.
- 3 En els aparells i equips de la instal·lació, l'arribada d'aigua s'ha de fer de tal manera que no es produeixin retorns.
- 4 Els antiretorns s'han de disposar combinats amb aixetes de buidatge de tal manera que sempre sigui possible buidar qualsevol tram de la xarxa.

**2.1.3 Condicions mínimes de subministrament**

- 1 La instal·lació ha de subministrar als aparells i equips de l'equipament higiènic els cabals que figuren en la taula 2.1.

**Taula 2.1 Cabal instantani mínim per a cada tipus d'aparell**

Tipus d'aparell	Cabal instantani mínim d'aigua freda [dm <sup>3</sup> /s]	Cabal instantani mínim d'ACS [dm <sup>3</sup> /s]
Rentamans	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Dutxa	0,20	0,10
Banyera d'1,40 m o més	0,30	0,20
Banyera de menys d'1,40 m	0,20	0,15
Bidet	0,10	0,065
Vàter amb cisterna	0,10	-
Vàter amb fluxor	1,25	-
Urinaris amb aixeta temporitzada	0,15	-
Urinaris amb cisterna (c/u)	0,04	-
Aigüera domèstica	0,20	0,10
Aigüera no domèstica	0,30	0,20
Rentavaixelles domèstic	0,15	0,10
Rentavaixelles industrial (20 serveis)	0,25	0,20
Safareig	0,20	0,10
Rentadora domèstica	0,20	0,15
Rentadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Aixeta aïllada	0,15	0,10
Aixeta garatge	0,20	-
Abocador	0,20	-

- 2 En els punts de consum la pressió mínima ha de ser:
  - a) 100 kPa per a aixetes comunes;
  - b) 150 kPa per a fluxors i escalfadors.
- 3 La pressió en qualsevol punt de consum no ha de superar 500 kPa.
- 4 La temperatura d'ACS en els punts de consum ha d'estar compresa entre 50 °C i 65 °C, excepte en les instal·lacions ubicades en edificis dedicats a ús exclusiu d'habitatge sempre que aquestes no afectin l'ambient exterior d'aquests edificis.

#### **2.1.4 Manteniment**

- 1 Excepte en habitatges aïllats i adossats, els elements i equips de la instal·lació que ho requereixin, com ara el grup de pressió, els sistemes de tractament d'aigua o els comptadors, s'han d'instal·lar en locals les dimensions dels quals siguin suficients perquè se'n pugui portar a terme el manteniment adequadament.
- 2 Les xarxes de canonades, fins i tot en les instal·lacions interiors particulars si és possible, s'han de dissenyar de tal manera que siguin accessibles per al seu manteniment i reparació, per a la qual cosa han d'estar a la vista, allotjades en espais o xemeneies de ventilació registrables o disposar d'arquetes o registres.

#### **2.2 Senyalització**

- 1 Si es disposa una instal·lació per subministrar aigua que no sigui apta per al consum, les canonades, les aixetes i els altres punts terminals d'aquesta instal·lació han d'estar adequadament assenyalats perquè puguin ser identificats com a tals de manera fàcil i inequívoca.

#### **2.3 Estalvi d'aigua**

- 1 S'ha de disposar un sistema de comptabilització tant d'aigua freda com d'aigua calenta per a cada unitat de consum individualitzable.
- 2 A les xarxes d'ACS s'ha de disposar una xarxa de retorn quan la longitud de la canonada d'anada al punt de consum més allunyat sigui igual o més gran que 15 m.
- 3 A les zones de pública concurrència dels edificis, les aixetes dels lavabos i les cisternes han d'estar dotades de dispositius d'estalvi d'aigua.

### **3 Disseny**

- 1 La instal·lació de subministrament d'aigua desenvolupada en el projecte de l'edifici ha d'estar composta d'una connexió de servei, una instal·lació general i, en funció de si la comptabilització és única o múltiple, de derivacions col·lectives o instal·lacions particulars.

#### **3.1 Esquema general de la instal·lació**

- 1 L'esquema general de la instal·lació ha de ser d'un dels dos tipus següents:
  - a) Xarxa amb comptador general únic, segons l'esquema de la figura 3.1, i composta per la connexió de servei, la instal·lació general que conté un armari o arqueta del comptador general, un tub d'alimentació i un distribuïdor principal; i les derivacions col·lectives.

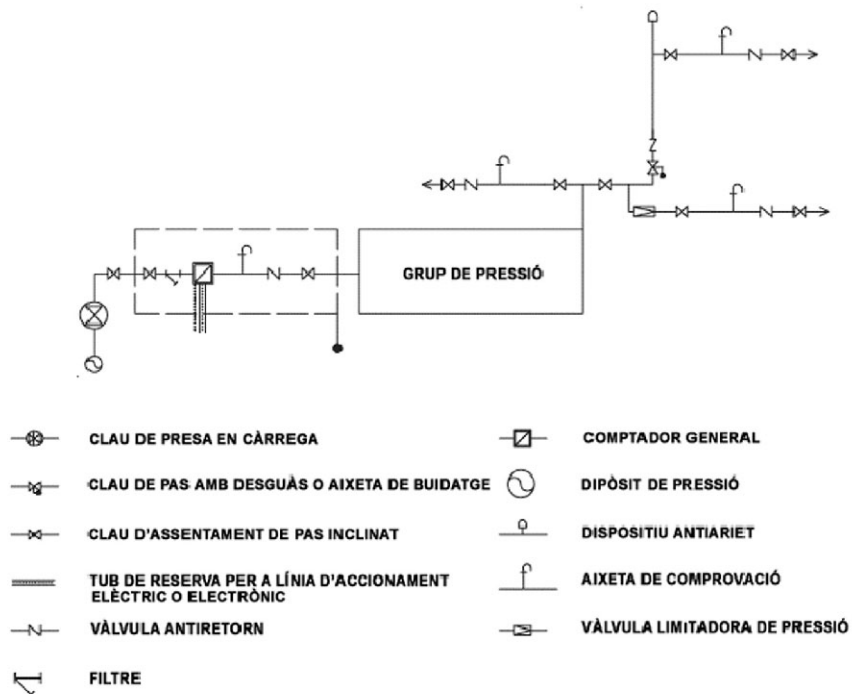


Figura 3.1 Esquema de xarxa amb comptador general

b) xarxa amb comptadors aïllats, segons l'esquema de la figura 3.2, composta per la connexió de servei, la instal·lació general que conté els comptadors aïllats, les instal·lacions particulars i les derivacions col·lectives.

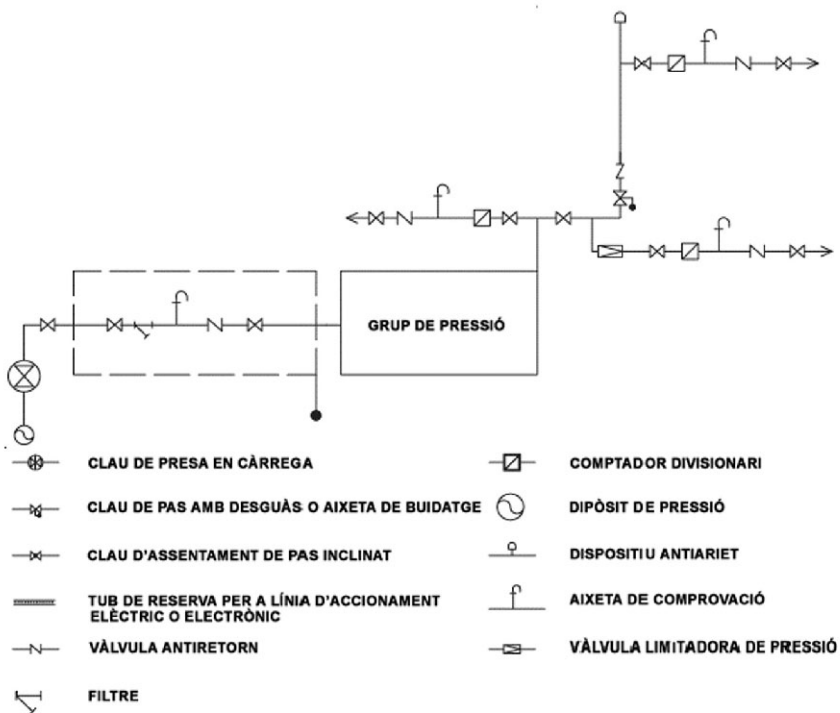


Figura 3.2 Esquema de xarxa amb comptadors aïllats

## 3.2 Elements que componen la instal·lació

### 3.2.1 Xarxa d'aigua freda

#### 3.2.1.1 Connexió de servei

- 1 La *connexió de servei* ha de disposar, com a mínim, dels elements següents:
  - a) una clau de presa o un collarí de presa en càrrega, sobre la canonada de distribució de la xarxa exterior de subministrament que obri el pas a la connexió de servei;
  - b) un tub de connexió de servei que enllaci la clau de presa amb la clau de tall general;
  - c) una clau de tall a l'exterior de la propietat.
- 2 En cas que la connexió de servei es porti a terme des d'una captació privada o en zones rurals en les quals no hi hagi una xarxa general de subministrament d'aigua, els equips a instal·lar (a més de la captació pròpiament dita) són els següents: vàlvula de peu, bomba per al trascolament de l'aigua i vàlvules de registre i general de tall.

#### 3.2.1.2 Instal·lació general

- 1 La *instal·lació general* ha de contenir, en funció de l'esquema adoptat, els elements que li corresponguin dels que s'esmenten en els apartats següents.

##### 3.2.1.2.1 Clau de tall general

- 1 La clau de tall general serveix per interrompre el subministrament a l'edifici, i ha d'estar situada dins de la propietat, en una zona d'ús comú, accessible per a la seva manipulació i assenyalada adequadament per permetre'n la identificació. Si es disposa un armari o arqueta del comptador general, s'ha d'allotjar al seu interior.

##### 3.2.1.2.2 Filtre de la instal·lació general

- 1 El filtre de la instal·lació general ha de retenir els residus de l'aigua que puguin donar lloc a corrosions en les canalitzacions metàl·liques. S'ha d'instal·lar a continuació de la clau de tall general. Si es disposa armari o arqueta del comptador general, s'ha d'allotjar al seu interior. El filtre ha de ser de tipus Y amb un llindar de filtratge comprès entre 25 i 50 µm, amb malla d'acer inoxidable i bany de plata, per evitar la formació de bacteris i autonetejable. La situació del filtre ha de ser tal que permeti realitzar adequadament les operacions de neteja i manteniment sense necessitat de tall de subministrament.

##### 3.2.1.2.3 Armari o arqueta del comptador general:

- 1 L'armari o arqueta del comptador general ha de contenir, disposats en aquest ordre, la clau de tall general, un filtre de la instal·lació general, el comptador, una clau, aixeta o ràcord de prova, una vàlvula de retenció i una clau de sortida. La seva instal·lació s'ha de realitzar en un pla paral·lel al del terra.
- 2 La clau de sortida ha de permetre la interrupció del subministrament a l'edifici. La clau de tall general i la de sortida serveixen per al muntatge i desmuntatge del comptador general.

##### 3.2.1.2.4 Tub d'alimentació

- 1 El traçat del *tub d'alimentació* s'ha de realitzar per zones d'ús comú. En cas d'anar encastat s'han de disposar registres per a la seva inspecció i control de fugues, almenys en els seus extrems i en els canvis de direcció.

##### 3.2.1.2.5 Distribuïdor principal

- 1 El traçat del *distribuïdor principal* s'ha de realitzar per zones d'ús comú. En cas d'anar encastat s'han de disposar registres per a la seva inspecció i control de fugues, almenys en els seus extrems i en els canvis de direcció.
- 2 S'ha d'adoptar la solució de distribuïdor en anell en edificis com ara els d'ús sanitari, en els quals en cas d'avaría o reforma el subministrament interior hagi de quedar garantit.

- 3 S'han de disposar claus de tall a totes les derivacions, de tal manera que en cas d'avaria en qualsevol punt no s'hagi d'interrompre tot el subministrament.

#### **3.2.1.2.6 Ascendents o muntants**

- 1 Les ascendents o muntants han de transcórrer per zones d'ús comú d'aquest.
- 2 Han d'anar allotjades en recintes o espais, construïts amb aquesta finalitat. Els recintes esmentats o espais, que poden ser d'ús compartit només amb altres instal·lacions d'aigua de l'edifici, han de ser registrables i tenir les dimensions suficients perquè s'hi puguin realitzar les operacions de manteniment.
- 3 Les ascendents han de disposar a la seva base d'una vàlvula de retenció, una clau de tall per a les operacions de manteniment i d'una clau de pas amb aixeta o tap de buidatge, situades en zones de fàcil accés i assenyalades de manera convenient. La vàlvula de retenció es disposa en primer lloc, segons el sentit de circulació de l'aigua.
- 4 A la part superior s'han d'instal·lar dispositius de purga, automàtics o manuals, amb un separador o cambra que redueixi la velocitat de l'aigua facilitant la sortida de l'aire i disminuint els efectes dels possibles cops d'ariet.

#### **3.2.1.2.7 Comptadors divisionaris**

- 1 Els comptadors divisionaris s'han de situar en zones d'ús comú de l'edifici, de fàcil i lliure accés.
- 2 Han de disposar d'una preinstal·lació adequada per a una connexió d'enviament de senyals per a lectura a distància del comptador.
- 3 Abans de cada comptador divisionari s'ha de disposar una clau de tall. Després de cada comptador s'ha de disposar una vàlvula de retenció.

#### **3.2.1.3 Instal·lacions particulars**

- 1 Les instal·lacions particulars han d'estar compostes dels elements següents:
  - a) una clau de pas situada a l'interior de la propietat particular en un lloc accessible per a la seva manipulació;
  - b) derivacions particulars, el traçat de les quals s'ha de realitzar de manera que les derivacions a les cambres humides siguin independents. Cadascuna d'aquestes derivacions ha de disposar d'una clau de tall, tant per a aigua freda com per a aigua calenta;
  - c) ramals d'enllaç;
  - d) punts de consum, dels quals, tots els aparells de descàrrega, tant dipòsits com aixetes, els escalfadors d'aigua instantanis, els acumuladors, les calderes individuals de producció d'ACS i calefacció i, en general, els aparells sanitaris, han de portar una clau de tall individual.

#### **3.2.1.4 Derivacions col·lectives**

- 1 Han de transitar per zones comunes i en el seu disseny s'han d'aplicar condicions anàlogues a les de les instal·lacions particulars.

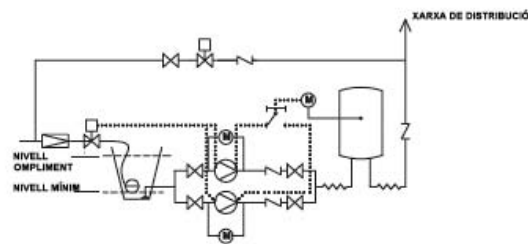
#### **3.2.1.5 Sistemes de control i regulació de la pressió**

##### **3.2.1.5.1 Sistemes de sobrelevació: grups de pressió**

- 1 El sistema de sobrelevació s'ha de dissenyar de tal manera que es pugui subministrar a zones de l'edifici alimentables amb pressió de xarxa, sense necessitat de la posada en marxa del grup.
- 2 El grup de pressió ha de ser d'algun dels dos tipus següents:
  - a) convencional, que ha de disposar de:
    - i) dipòsit auxiliar d'alimentació, que eviti la presa d'aigua directa per l'equip de bombament;
    - ii) equip de bombament, compost, com a mínim, de dues bombes de les mateixes prestacions i funcionament altern, muntades en paral·lel;

- iii) dipòsits de pressió amb membrana, connectats a dispositius suficients de valoració dels paràmetres de pressió de la instal·lació, per a la seva posada en marxa i parada automàtiques;
- b) d'accionament regulable, també anomenats de cabal variable, que pot prescindir del dipòsit auxiliar d'alimentació i ha de disposar d'un variador de freqüència que accioni les bombes mantenint constant la pressió de sortida, independentment del cabal sol·licitat o disponible; una de les bombes ha de mantenir la part de cabal necessari per al manteniment de la pressió adequada.

ESQUEMA GENERAL DEL GRUP DE PRESSIÓ CONVENCIONAL



ESQUEMA GENERAL DEL GRUP DE PRESSIÓ DE CABAL VARIABLE

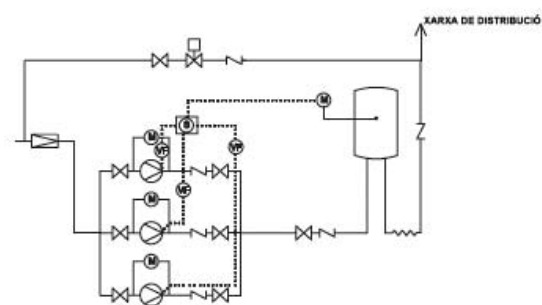


Figura 3.3 Grups de pressió

- 3 El grup de pressió s'ha d'instal·lar en un local d'ús exclusiu que també pot albergar el sistema de tractament d'aigua. Les dimensions d'aquest local han de ser suficients per realitzar les operacions de manteniment.

### 3.2.1.5.2 Sistemes de reducció de la pressió

- 1 S'han d'instal·lar vàlvules limitadores de pressió en el ramal o derivació pertinent perquè no se superi la pressió de servei màxima establerta en 2.1.3.
- 2 Quan es prevegin increments significatius en la pressió de xarxa s'han d'instal·lar vàlvules limitadores de tal manera que no se superi la pressió màxima de servei en els punts d'utilització.

### 3.2.1.6 Sistemes de tractament d'aigua

#### 3.2.1.6.1 Condicions generals

- 1 En el cas que es vulgui instal·lar un sistema de tractament en la instal·lació interior no ha d'empitjorar l'aigua subministrada i en cap cas incomplir els valors paramètrics establerts a l'annex I del Reial decret 140/2003.

#### 3.2.1.6.2 Exigències dels materials

- 1 Els materials utilitzats en la fabricació dels equips de tractament d'aigua han de tenir les característiques adequades pel que fa a resistència mecànica, química i microbiològica per complir els requeriments inherents tant a l'aigua com al procés de tractament.

#### 3.2.1.6.3 Exigències de funcionament

- 1 S'han de realitzar les derivacions adequades a la xarxa de manera que la parada momentània del sistema no suposi discontinuïtat en el subministrament d'aigua a l'edifici.
- 2 Els sistemes de tractament han d'estar dotats de dispositius de mesura que permetin comprovar l'eficàcia prevista en el tractament de l'aigua.
- 3 Els equips de tractament han de disposar d'un comptador que permeti mesurar, en la seva entrada, l'aigua utilitzada per al seu manteniment.

#### 3.2.1.6.4 Productes de tractament

- 1 Els productes químics utilitzats en el procés s'han d'emmagatzemar en condicions de seguretat en funció de la seva naturalesa i la seva forma d'utilització. L'entrada al local destinat al seu emmagatzemament

zematge ha d'estar dotada d'un sistema perquè l'accés sigui restringit a les persones autoritzades per a la seva manipulació.

#### 3.2.1.6.5 Situació de l'equip

- 1 El local en què s'instal·li l'equip de tractament d'aigua ha de ser preferentment d'ús exclusiu, encara que si hi ha un sistema de sobreelevació pot compartir l'espai d'instal·lació amb aquest. En qualsevol cas el seu accés s'ha de produir des de l'exterior o des de zones comunes de l'edifici, i ha de quedar restringit al personal autoritzat. Les dimensions del local han de ser les adequades per allotjar-hi els dispositius necessaris, així com per realitzar-ne un manteniment i conservació correctes. Ha de disposar de desguàs a la xarxa general de sanejament de l'immoble, així com una aixeta o presa de subministrament d'aigua.

### 3.2.2 Instal·lacions d'aigua calenta sanitària (ACS)

#### 3.2.2.1 Distribució (impulsió i retorn)

- 1 En el disseny de les instal·lacions d'ACS s'han d'aplicar condicions anàlogues a les de les xarxes d'aigua freda.
- 2 Als edificis en els quals sigui aplicable la contribució mínima d'energia solar per a la producció d'aigua calenta sanitària, d'acord amb la secció HE-4 del DB-HE, s'han de disposar, a més de les preses d'aigua freda, previstes per a la connexió de la rentadora i el rentavaixelles, les preses respectives d'aigua calenta per permetre la instal·lació d'equips bitèrmics.
- 3 Tant en instal·lacions individuals com en instal·lacions de producció centralitzada, la xarxa de distribució ha d'estar dotada d'una xarxa de retorn quan la longitud de la canonada d'anada al punt de consum més allunyat sigui igual o més gran que 15 m.
- 4 La xarxa de retorn s'ha de compondre de
  - a) un col·lector de retorn en les distribucions per grups múltiples de columnes. El col·lector ha de tenir canalització amb pendent descendent des de l'extrem superior de les columnes d'anada fins a la columna de retorn; cada col·lector pot recollir totes o diverses de les columnes d'anada, que tinguin igual pressió;
  - b) columnes de retorn: des de l'extrem superior de les columnes d'anada, o des del col·lector de retorn, fins a l'acumulador o escalfador centralitzat.
- 5 Les xarxes de retorn han de transitar paral·lelament a les d'impulsió.
- 6 Als muntants, s'ha de realitzar el retorn des de la seva part superior i per sota de l'última derivació particular. A la base d'aquests muntants s'han de disposar vàlvules d'assentament per regular i equilibrar hidràulicament el retorn.
- 7 Excepte en habitatges unifamiliars o en instal·lacions petites, s'ha de disposar una bomba de recirculació doble, de muntatge paral·lel o "bessones", que funcioni de manera anàloga a com s'especifica per a les del grup de pressió d'aigua freda. En el cas de les instal·lacions individuals pot estar incorporada a l'equip de producció.
- 8 Per suportar adequadament els moviments de dilatació per efectes tèrmics s'han de prendre les precaucions següents:
  - a) en les distribucions principals s'han de disposar les canonades i els seus ancoratges de tal manera que dilatïn lliurement, segons el que estableix el Reglament d'instal·lacions tèrmiques als edificis i les seves Instruccions tècniques complementàries (ITE) per a les xarxes de calefacció;
  - b) en els trams rectes s'ha de considerar la dilatació lineal del material, preveient dilatadors si és necessari, complint-se per a cada tipus de tub les distàncies que s'especifiquen en el Reglament abans esmentat.
- 9 L'aïllament de les xarxes de canonades, tant en impulsió com en retorn, s'ha d'ajustar al que disposa el Reglament d'instal·lacions tèrmiques als edificis i les seves Instruccions tècniques complementàries (ITE).

### 3.2.2.2 Regulació i control

- 1 En les instal·lacions d'ACS s'ha de regular i controlar la temperatura de preparació i la de distribució.
- 2 En les instal·lacions individuals els sistemes de regulació i de control de la temperatura han d'estar incorporats als equips de producció i preparació. El control sobre la recirculació en sistemes individuals amb producció directa ha de ser de tal manera que es pugui fer recircular l'aigua sense consum fins que s'assoleixi la temperatura adequada.

## 3.3 Protecció contra retorns

### 3.3.1 Condicions generals de la instal·lació de subministrament

- 1 La constitució dels aparells i dispositius instal·lats i el seu mode d'instal·lació s'han de portar a terme de tal manera que s'impedeixi la introducció de qualsevol fluid en la instal·lació i el retorn de l'aigua que en surt.
- 2 La instal·lació no es pot empalmar directament a una conducció d'evacuació d'aigües residuals.
- 3 No es poden establir unions entre les conduccions interiors empalmades a les xarxes de distribució pública i altres instal·lacions, com ara les d'aprofitament d'aigua que no sigui procedent de la xarxa de distribució pública.
- 4 Les instal·lacions de subministrament que disposin de sistema de tractament d'aigua han d'estar proveïdes d'un dispositiu per impedir-ne el retorn; aquest dispositiu s'ha de situar abans del sistema i al més a prop possible del comptador general si n'hi ha.

### 3.3.2 Punts de consum d'alimentació directa

- 1 En tots els aparells que s'alimenten directament de la distribució d'aigua, com ara banyeres, lavabos, bidets, aigüeres, safareigs, i en general, en tots els recipients, el nivell inferior de l'arribada de l'aigua ha d'abocar a 20 mm, almenys, per damunt de la vora superior del recipient.
- 2 Els ruixadors de dutxa manual han de tenir incorporat un dispositiu antiretorn.

### 3.3.3 Dipòsits tancats

- 1 Als dipòsits tancats, encara que estiguin en comunicació amb l'atmosfera, el tub d'alimentació ha de desembocar 40 mm per damunt del nivell màxim de l'aigua, o sigui per damunt del punt més alt de la boca del sobreeixidor. Aquest sobreeixidor ha de tenir una capacitat suficient per evacuar un cabal doble del màxim previst d'entrada d'aigua.

### 3.3.4 Derivacions d'ús col·lectiu

- 1 Els tubs d'alimentació que no estiguin destinats exclusivament a necessitats domèstiques han d'estar proveïts d'un dispositiu antiretorn i una purga de control.
- 2 Les derivacions d'ús col·lectiu dels edificis no es poden connectar directament a la xarxa pública de distribució, llevat que sigui una instal·lació única a l'edifici.

### 3.3.5 Connexió de calderes

- 1 Les calderes de vapor o d'aigua calenta amb sobrepressió no s'han d'empalmar directament a la xarxa pública de distribució. Qualsevol dispositiu o aparell d'alimentació que s'utilitzi ha de partir d'un dipòsit, per al qual s'han de complir les anteriors disposicions.

### 3.3.6 Grups motobomba

- 1 Les bombes no s'han de connectar directament a les canonades d'arribada de l'aigua de subministrament, sinó que s'han d'alimentar des d'un dipòsit, excepte quan vagin equipades amb els dispositius de protecció i aïllament que impedeixin que es produeixi depressió a la xarxa.



## Document bàsic HS Salubritat

- 2 Aquesta protecció també s'ha d'aplicar a les bombes de cabal variable que s'instal·lin en els grups de pressió d'acció regulable i ha d'incloure un dispositiu que provoqui el tancament de l'aspiració i la parada de la bomba en cas de depressió en la canonada d'alimentació i un dipòsit de protecció contra les sobrepressions produïdes per cop d'ariet.
- 3 En els grups de sobreelevació de tipus convencional, s'ha d'instal·lar una vàlvula antiretorn, de tipus membrana, per esmorteir els possibles cops d'ariet.

### 3.4 Separacions respecte a altres instal·lacions

- 1 L'estesa de les canonades d'aigua freda s'ha de fer de tal manera que no resultin afectades pels focus de calor i, per tant, sempre han de transcórrer separades de les canalitzacions d'aigua calenta (ACS o calefacció) a una distància de 4 cm, com a mínim. Quan les dues canonades estiguin en un mateix pla vertical, la d'aigua freda ha d'anar sempre per sota de la d'aigua calenta.
- 2 Les canonades han d'anar per sota de qualsevol canalització o element que contingui dispositius elèctrics o electrònics, així com de qualsevol xarxa de telecomunicacions, guardant una distància en paral·lel d'almenys 30 cm.
- 3 Respecte a les conduccions de gas s'ha de guardar almenys una distància de 3 cm.

### 3.5 Senyalització

- 1 Les canonades d'aigua potable s'han d'assenyalar amb els colors verd fosc o blau.
- 2 Si es disposa una instal·lació per subministrar aigua que no sigui apta per al consum, les canonades, les aixetes i els altres punts terminals d'aquesta instal·lació han d'estar adequadament assenyalats perquè puguin ser identificats com a tals de manera fàcil i inequívoca.

### 3.6 Estalvi d'aigua

- 1 Tots els edificis en l'ús dels quals es prevegi la concurrència pública han de disposar de dispositius d'estalvi d'aigua a les aixetes. Els dispositius que es poden instal·lar amb aquesta finalitat són: aixetes amb airejadors, aixetes termostàtiques, aixetes amb sensors infrarojos, aixetes amb polsador temporitzador, fluxors i claus de regulació abans dels punts de consum.
- 2 Els equips que utilitzin aigua per a consum humà en la condensació d'agents frigorífics, s'han d'equipar amb sistemes de recuperació d'aigua.

## 4 Dimensionament

### 4.1 Reserva d'espai a l'edifici

- 1 Als edificis dotats amb comptador general únic s'ha de preveure un espai per a un armari o una cambra per allotjar-hi el comptador general de les dimensions indicades en la taula 4.1.

Taula 4.1 Dimensions de l'armari i de la cambra per al comptador general

Dimensions en mm	Diàmetre nominal del comptador en mm										
	Armari					Cambra					
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
Llarg	600	600	900	900	1300	2100	2100	2200	2500	3000	3000
Ample	500	500	500	500	600	700	700	800	800	800	800
Alt	200	200	300	300	500	700	700	800	900	1000	1000

### 4.2 Dimensionament de les xarxes de distribució

- 1 El càlcul s'ha de realitzar amb un primer dimensionament seleccionant el tram més desfavorable d'aquesta i se n'obtenen uns diàmetres previs que posteriorment és necessari comprovar en funció de la pèrdua de càrrega que s'obtingui amb aquests.

## Document bàsic HS Salubritat

- 2 Aquest dimensionament s'ha de fer sempre tenint en compte les peculiaritats de cada instal·lació i els diàmetres obtinguts han de ser els mínims que facin compatibles el bon funcionament i l'economia d'aquesta.

**4.2.1 Dimensionament dels trams**

- 1 El dimensionament de la xarxa s'ha de fer a partir del dimensionament de cada tram, i per a això es parteix del circuit considerat més desfavorable, que és el que tingui més pèrdua de pressió a causa tant del fregament com de la seva altura geomètrica.
- 2 El dimensionament dels trams s'ha de fer d'acord amb el procediment següent:
- el cabal màxim de cada tram ha de ser igual a la suma dels cabals dels punts de consum alimentats per aquest d'acord amb la taula 2.1.
  - establiment dels coeficients de simultaneïtat de cada tram d'acord amb un criteri adequat.
  - determinació del cabal de càlcul en cada tram com a producte del cabal màxim pel coeficient de simultaneïtat corresponent.
  - elecció d'una velocitat de càlcul compresa dins dels intervals següents:
    - canonades metàl·liques: entre 0,50 i 2,00 m/s
    - canonades termoplàstiques i multicapes: entre 0,50 i 3,50 m/s
  - obtenció del diàmetre corresponent a cada tram en funció del cabal i de la velocitat.

**4.2.2 Comprovació de la pressió**

- 1 S'ha de comprovar que la pressió disponible en el punt de consum més desfavorable supera amb els valors mínims indicats en l'apartat 2.1.3 i que en tots els punts de consum no se supera el valor màxim indicat en el mateix apartat, d'acord amb el següent:
- determinar la pèrdua de pressió del circuit sumant les pèrdues de pressió total de cada tram. Les pèrdues de càrrega localitzades es poden estimar en un 20% al 30% de la produïda sobre la longitud real del tram o avaluar-se a partir dels elements de la instal·lació.
  - comprovar la suficiència de la pressió disponible: una vegada obtinguts els valors de les pèrdues de pressió del circuit, s'ha de comprovar si són sensiblement iguals a la pressió disponible que queda després de descomptar a la pressió total l'altura geomètrica i la residual del punt de consum més desfavorable. En cas que la pressió disponible en el punt de consum sigui inferior a la pressió mínima exigida seria necessària la instal·lació d'un grup de pressió.

**4.3 Dimensionament de les derivacions a cambres humides i ramals d'enllaç**

- 1 Els ramals d'enllaç als aparells domèstics s'han de dimensionar d'acord amb el que s'estableix en la taula 4.2. A la resta, s'han de tenir en compte els criteris de subministrament donats per les característiques de cada aparell i s'ha de dimensionar en conseqüència.

Taula 4.2 Diàmetres mínims de derivacions als aparells

Aparell o punt de consum	Diàmetre nominal del ramal d'enllaç	
	Tub d'acer (")	Tub de coure o plàstic (mm)
Rentamans	½	12
Lavabo, bidet	½	12
Dutxa	½	12
Banyera <1,40 m	¾	20
Banyera >1,40 m	¾	20
Vàter amb cisterna	½	12
Vàter amb fluxor	1- 1 ½	25-40
Urinari amb aixeta temporitzada	½	12
Urinari amb cisterna	½	12
Aigüera domèstica	½	12
Aigüera industrial	¾	20
Rentavaixelles domèstic	½ (rosca a ¾)	12
Rentavaixelles industrial	¾	20

## Document bàsic HS Salubritat

Rentadora domèstica	$\frac{3}{4}$	20
Rentadora industrial	1	25
Abocador	$\frac{3}{4}$	20

- 2 Els diàmetres dels diferents trams de la xarxa de subministrament s'han de dimensionar d'acord amb el procediment establert en l'apartat 4.2, i com a mínim s'han d'adoptar els valors de la taula 4.3:

Taula 4.3 Diàmetres mínims d'alimentació

Tram considerat	Diàmetre nominal del tub d'alimentació	
	Acer (")	Coure o plàstic (mm)
Alimentació a cambra humida privada: bany, lavabo, cuina.	$\frac{3}{4}$	20
Alimentació a derivació particular: habitatge, apartament, local comercial	$\frac{3}{4}$	20
Columna (ascendent o descendent)	$\frac{3}{4}$	20
Distribuïdor principal	1	25
< 50 kW	$\frac{1}{2}$	12
Alimentació equips de climatització	$\frac{3}{4}$	20
50 - 250 kW	$\frac{3}{4}$	20
250 - 500 kW	1	25
> 500 kW	1 $\frac{1}{4}$	32

#### 4.4 Dimensionament de les xarxes d'ACS

##### 4.4.1 Dimensionament de les xarxes d'impulsió d'ACS

- 1 Per a les xarxes d'impulsió o anada d'ACS s'ha de seguir el mateix mètode de càlcul que per a xarxes d'aigua freda.

##### 4.4.2 Dimensionament de les xarxes de retorn d'ACS

- 1 Per determinar el cabal que circularà pel circuit de retorn, s'ha d'estimar que a l'aixeta més allunyada la pèrdua de temperatura sigui com a màxim de 3 °C des de la sortida de l'acumulador o intercanviador si s'escau.
- 2 En qualsevol cas no poden recircular menys de 250 l/h en cada columna, si la instal·lació respon a aquest esquema, per poder efectuar un adequat equilibratge hidràulic.
- 3 El cabal de retorn es pot estimar segons regles empíriques de la forma següent:
- considerar que recircula el 10% de l'aigua d'alimentació, com a mínim. De qualsevol forma es considera que el diàmetre interior mínim de la canonada de retorn és de 16 mm.
  - els diàmetres en funció del cabal recirculat s'indiquen en la taula 4.4.

Taula 4.4 Relació entre diàmetre de canonada i cabal recirculat d'ACS

Diàmetre de la canonada (polzades)	Cabal recirculat (l/h)
$\frac{1}{2}$	140
$\frac{3}{4}$	300
1	600
1 $\frac{1}{4}$	1.100
1 $\frac{1}{2}$	1.800
2	3.300

#### 4.4.3 Càlcul de l'aïllament tèrmic

- 1 El gruix de l'aïllament de les conduccions, tant en l'anada com en el retorn, s'ha de dimensionar d'acord amb l'indicat en el Reglament d'instal·lacions tèrmiques als edificis (RITE) i les seves Instruccions tècniques complementàries (ITE).

#### 4.4.4 Càlcul de dilatadors

- 1 En els materials metàl·lics es pot aplicar l'especificat en la norma UNE 100 156:1989 i per als materials termoplàstics el que s'indica en la norma UNE ENV 12 108:2002.
- 2 En tot tram recte sense connexions intermèdies amb una longitud superior a 25 m s'han d'adoptar les mesures oportunes per evitar possibles tensions excessives de la canonada, motivades per les contraccions i dilatacions produïdes per les variacions de temperatura. El millor punt per col·locar-los es troba equidistant de les derivacions més pròximes a les línies repartidores.

### 4.5 Dimensionament dels equips, elements i dispositius de la instal·lació

#### 4.5.1 Dimensionament dels comptadors

- 1 El calibre nominal dels diferents tipus de comptadors s'ha d'adequar, tant en aigua freda com calenta, als cabals nominals i màxims de la instal·lació.

#### 4.5.2 Càlcul del grup de pressió

##### 4.5.2.1 Càlcul del dipòsit auxiliar d'alimentació

- 1 El volum del dipòsit s'ha de calcular en funció del temps previst d'utilització, aplicant l'expressió següent:

$$V = Q \cdot t \cdot 60 \quad (4.1)$$

on:

V és el volum del dipòsit [l];

Q és el cabal màxim simultani [dm<sup>3</sup>/s];

t és el temps estimat (de 15 a 20) [min].

- 2 L'estimació de la capacitat d'aigua es pot realitzar amb els criteris de la norma UNE 100 030:1994.

##### 4.5.2.2 Càlcul de les bombes

- 1 El càlcul de les bombes s'ha de fer en funció del cabal i de les pressions d'arrencada i parada de la/les bomba/es (mínima i màxima, respectivament), sempre que no s'instal·lin bombes de cabal variable. En aquest segon cas la pressió és en funció del cabal sol·licitat en cada moment i sempre constant.
- 2 El nombre de bombes a instal·lar en el cas d'un grup de tipus convencional, excloent les de reserva, s'ha de determinar en funció del cabal total del grup. S'han de disposar dues bombes per a cabals de fins a 10 dm<sup>3</sup>/s, tres per a cabals de fins a 30 dm<sup>3</sup>/s i 4 per a més de 30 dm<sup>3</sup>/s.
- 3 El cabal de les bombes ha de ser el màxim simultani de la instal·lació o cabal punta i s'ha de fixar per l'ús i les necessitats de la instal·lació.
- 4 La pressió mínima o d'arrencada (Pb) ha de ser el resultat de sumar l'altura geomètrica d'aspiració (Ha), l'altura geomètrica (Hg), la pèrdua de càrrega del circuit (Pc) i la pressió residual a l'aixeta, clau o fluxor (Pr).

**4.5.2.3 Càlcul del dipòsit de pressió**

- 1 Per a la pressió màxima s'ha d'adoptar un valor que limiti el nombre d'arrencades i parades del grup de manera que es prolongui tant com es pugui la seva vida útil. Aquest valor ha d'estar comprès entre 2 i 3 bar per damunt del valor de la pressió mínima.
- 2 El càlcul del seu volum s'ha de fer amb la fórmula següent:

$$V_n = P_b \times V_a / P_a \quad (4.2)$$

on:

$V_n$  és el volum útil del dipòsit de membrana;

$P_b$  és la pressió absoluta mínima;

$V_a$  és el volum mínim d'aigua;

$P_a$  és la pressió absoluta màxima.

**4.5.3 Càlcul del diàmetre nominal del reductor de pressió**

- 1 El diàmetre nominal s'ha d'establir aplicant els valors especificats en la taula 4.5 en funció del cabal màxim simultani:

**Taula 4.5 Valors del diàmetre nominal en funció del cabal màxim simultani**

Diàmetre nominal	Cabal màxim simultani	
	dm <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /h
15	0,5	1,8
20	0,8	2,9
25	1,3	4,7
32	2,0	7,2
40	2,3	8,3
50	3,6	13,0
65	6,5	23,0
80	9,0	32,0
100	12,5	45,0
125	17,5	63,0
150	25,0	90,0
200	40,0	144,0
250	75,0	270,0

- 2 Mai no s'han de calcular en funció del diàmetre nominal de les canonades.

**4.5.4 Dimensionament dels sistemes i equips de tractament d'aigua****4.5.4.1 Determinació de la mida dels aparells dosificadors**

- 1 La mida apropiada de l'aparell s'ha de prendre en funció del cabal punta en la instal·lació, així com del consum mensual mitjà d'aigua previst, o quan no n'hi hagi s'ha de prendre com a base un consum d'aigua previsible de 60 m<sup>3</sup> en 6 mesos, si s'ha de tractar tant l'aigua freda com l'ACS, i de 30 m<sup>3</sup> en 6 mesos si només ha de ser tractada l'aigua destinada a l'elaboració d'ACS.
- 2 El límit de treball superior de l'aparell dosificador, en m<sup>3</sup>/h, ha de correspondre com a mínim al cabal màxim simultani o cabal punta de la instal·lació.
- 3 El volum de dosificació per càrrega, en m<sup>3</sup>, no ha de sobrepassar el consum d'aigua previst en 6 mesos.

**4.5.4.2 Determinació de la mida dels equips de descalcificació**

- 1 S'ha de prendre com a cabal mínim 80 litres per persona i dia.

## 5 Construcció

### 5.1 Execució

- 1 La instal·lació de subministrament d'aigua s'ha d'executar amb subjecció al projecte, a la legislació aplicable, a les normes de la bona construcció i a les instruccions del director d'obra i del director de l'execució de l'obra.
- 2 Durant l'execució i instal·lació dels materials, accessoris i productes de construcció en la instal·lació interior, s'han d'utilitzar tècniques apropiades per no empitjorar l'aigua subministrada i no incomplir en cap cas els valors paramètrics establerts a l'annex I del Reial decret 140/2003.

#### 5.1.1 Execució de les xarxes de canonades

##### 5.1.1.1 Condicions generals

- 1 L'execució de les xarxes de canonades s'ha de realitzar de manera que s'aconsegueixin els objectius previstos en el projecte sense danyar o deteriorar la resta de l'edifici, conservant les característiques de l'aigua de subministrament respecte de la seva potabilitat, evitant sorolls molestos, procurant les condicions necessàries per a la màxima durada possible de la instal·lació així com les millors condicions per al seu manteniment i conservació.
- 2 Les canonades ocultes o encastades han de transcórrer preferentment per xemeneies de ventilació o cambres de fàbrica realitzades a aquest efecte o prefabricades, sostres o terres tècnics, murs cortina o envans tècnics. Si això no és possible, per regates realitzades en paraments de gruix adequat, i no n'està permès l'encastament en envans de maó foradat senzill. Quan transcorrin per conductes, aquests han d'estar degudament ventilats i han de disposar d'un sistema de buidatge adequat.
- 3 El traçat de les canonades vistes s'ha d'efectuar de manera neta i ordenada. Si estan exposades a qualsevol tipus de deteriorament per cops o xocs fortuïts, s'han de protegir adequadament.
- 4 L'execució de xarxes enterrades ha d'assegurar preferentment la protecció enfront de fenòmens de corrosió, esforços mecànics i danys per la formació de gel al seu interior. Les conduccions no han de ser instal·lades en contacte amb el terreny i sempre han de disposar d'un revestiment de protecció adequat. Si és necessari, a més del revestiment de protecció, s'ha de procedir a realitzar una protecció catòdica, amb ànodes de sacrifici i, si s'escau, amb corrent imprès.

##### 5.1.1.2 Unions i juntures

- 1 Les unions dels tubs han de ser estanques.
- 2 Les unions de tubs han de resistir adequadament la tracció, o bé la xarxa l'ha d'absorbir amb l'adequat establiment de punts fixos, i en canonades enterrades mitjançant estreps i suports disposats en corbes i derivacions.
- 3 En les unions de tubs d'acer galvanitzat o zincat les rosques dels tubs han de ser del tipus cònic, d'acord amb la norma UNE 10 242:1995. Els tubs només es poden soldar si la protecció interior es pot restablir o si se'n pot aplicar una de nova. Són admissibles les soldadures fortes, sempre que se segueixin les instruccions del fabricant. Els tubs no es poden corbar excepte quan es verifiquin els criteris de la norma UNE EN 10 240:1998. En les unions tub-accessori s'han d'observar les indicacions del fabricant.
- 4 Les unions de tubs de coure es poden realitzar per mitjà de soldadura o per mitjà de maneguets mecànics. La soldadura, per capil·laritat, tova o forta, es pot realitzar mitjançant maneguets per soldar per capil·laritat o per endoll soldat. Els maneguets mecànics poden ser de compressió, d'ajust cònic i de pestanyes.
- 5 Les unions de tubs de plàstic s'han de realitzar seguint les instruccions del fabricant.

##### 5.1.1.3 Proteccions

###### 5.1.1.3.1 Protecció contra la corrosió

- 1 Les canonades metàl·liques s'han de protegir contra l'agressió de tot tipus de morters, del contacte amb l'aigua en la seva superfície exterior i de l'agressió del terreny mitjançant la interposició d'un

## Document bàsic HS Salubritat

- element separador de material adequat i instal·lat de manera contínua en tot el perímetre dels tubs i en tota la seva longitud, no deixant juntures d'unió de l'element esmentat que interrompin la protecció i instal·lant-lo igualment a totes les peces especials de la xarxa, com ara colzes, corbes.
- 2 Els revestiments adequats, quan els tubs transcorren enterrats o encastats, segons el material d'aquests, són:
    - a) Per a tubs d'acer amb revestiment de polietilè, bituminós, de resina epoxídica o amb quitrà de poliuretà.
    - b) Per a tubs de coure amb revestiment de plàstic.
    - c) Per a tubs de fosa amb revestiment de pel·lícula contínua de polietilè, de resina epoxídica, amb betum, amb làmines de poliuretà o amb zincatge amb recobriment de cobertura.
  - 3 Els tubs d'acer galvanitzat encastats per a transport d'aigua freda s'han de recobrir amb una beurada de ciment, i els que s'utilitzin per a transport d'aigua calenta s'han de recobrir preferentment amb una conquilla o embolcall aïllant d'un material que no absorbeixi humitat i que permeti les dilatacions i contraccions provocades per les variacions de temperatura.
  - 4 Tota conducció exterior i a l'aire lliure s'ha de protegir igualment. En aquest cas, els tubs d'acer poden ser protegits, a més, amb recobriments de zinc. Per als tubs d'acer que transcorrin per cobertes de formigó s'ha de disposar, de manera addicional a l'embolcallament del tub, una làmina de retenció d'1 m d'ample entre aquests i el formigó. Quan els tubs transitin per canals de terra, s'ha de garantir que aquests són impermeables o bé que disposen d'una adequada ventilació i drenatge. En les xarxes metàl·liques enterrades, s'ha d'instal·lar una juntura dielèctrica després de l'entrada a l'edifici i abans de la sortida.
  - 5 Per a la corrosió per l'ús de materials diferents s'ha d'aplicar l'especificat en l'apartat 6.3.2.
  - 6 Per a la corrosió per elements continguts a l'aigua de subministrament, a més del que s'ha ressenyat, s'han d'instal·lar els filtres especificats en el punt 6.3.1

**5.1.1.3.2 Protecció contra les condensacions**

- 1 Tant en canonades encastades o ocultes com en canonades vistes, s'ha de considerar la possible formació de condensacions en la seva superfície exterior i s'ha de disposar un element separador de protecció, no necessàriament aïllant però sí amb capacitat d'actuació com a barrera antivapor, que eviti els danys que les condensacions esmentades puguin causar en la resta de l'edificació.
- 2 L'element esmentat s'ha d'instal·lar de la mateixa manera que s'ha descrit per a l'element de protecció contra els agents externs, i en qualsevol cas es pot utilitzar el mateix per a les dues proteccions.
- 3 Es consideren vàlids els materials que compleixen el que disposa la norma UNE 100 171:1989.

**5.1.1.3.3 Proteccions tèrmiques**

- 1 Els materials utilitzats com a aïllant tèrmic que compleixin la norma UNE 100 171:1989 es consideren adequats per suportar altes temperatures.
- 2 Quan la temperatura exterior de l'espai per on transcorre la xarxa pugui assolir valors capaços de gelar l'aigua de l'interior, s'ha d'aïllar tèrmicament aquesta xarxa amb aïllament adequat al material de constitució i al diàmetre de cada tram afectat, i es considera adequat el que indica la norma UNE EN ISO 12 241:1999.

**5.1.1.3.4 Protecció contra esforços mecànics**

- 1 Quan una canonada hagi de travessar qualsevol parament de l'edifici o un altre tipus d'element constructiu que li pugui transmetre esforços perjudicials de tipus mecànic, ho ha de fer dins d'una funda, també de secció circular, de més diàmetre i prou resistent. Quan en instal·lacions vistes, el pas es produeixi en sentit vertical, el passatubs ha de sobresortir almenys 3 centímetres pel costat en què es puguin produir cops ocasionals, amb la finalitat de protegir el tub. Igualment, si es produeix un canvi de sentit, aquest ha de sobresortir com a mínim una longitud igual al diàmetre de la canonada més 1 centímetre.
- 2 Quan la xarxa de canonades travessi, en superfície o de manera encastada, una juntura de dilatació constructiva de l'edifici, s'ha d'instal·lar un element o dispositiu dilatador, de manera que els possibles moviments estructurals no li transmetin esforços de tipus mecànic.

- 3 La suma de cop d'ariet i de pressió de repòs no ha de sobrepassar la sobrepressió de servei admissible. La magnitud del cop d'ariet positiu en el funcionament de les vàlvules i aparells mesurat immediatament abans d'aquests no ha de sobrepassar 2 bar; el cop d'ariet negatiu no ha de descendir per sota del 50% de la pressió de servei.

#### 5.1.1.3.5 Protecció contra sorolls

- 1 Com a normes generals, sens perjudici del que pugui establir el DB HR sobre això, s'han d'adoptar les següents:
  - a) els espais o xemeneies de ventilació, tant horitzontals com verticals, per on transcorrin les conduccions han d'estar situats en zones comunes;
  - b) a la sortida de les bombes s'han d'instal·lar connectors flexibles per atenuar la transmissió del soroll i les vibracions al llarg de la xarxa de distribució; aquests connectors han de ser adequats al tipus de tub i al lloc de la seva instal·lació;
- 2 Els suports i penjants per a trams de la xarxa interior amb tubs metàl·lics que transportin l'aigua a velocitats d'1,5 a 2,0 m/s han de ser antivibratoris. Igualment, s'han d'utilitzar ancoratges i guies flexibles que estiguin rigidament units a l'estructura de l'edifici.

#### 5.1.1.4 Accessoris

##### 5.1.1.4.1 Grapes i abraçadores

- 1 La col·locació de grapes i abraçadores per a la fixació dels tubs als paraments s'ha de fer de tal manera que els tubs quedin perfectament alineats amb els paraments esmentats, mantinguin les distàncies exigides i no transmetin sorolls i/o vibracions a l'edifici.
- 2 El tipus de grapa o abraçadora ha de ser sempre de fàcil muntatge i desmuntatge, així com aïllant elèctric.
- 3 Si la velocitat del tram corresponent és igual o superior a 2 m/s, s'ha d'interposar un element de tipus elàstic semirígid entre l'abraçadora i el tub.

##### 5.1.1.4.2 Suports

- 1 S'han de disposar suports de manera que el pes dels tubs carregui sobre aquests i mai sobre els mateixos tubs o les seves unions.
- 2 No es poden ancorar en cap element de tipus estructural, llevat que en determinades ocasions no sigui possible una altra solució, per a la qual cosa s'han d'adoptar les mesures preventives necessàries. La longitud d'encastament ha de permetre garantir una perfecta fixació de la xarxa sense possibles desprendiments.
- 3 De la mateixa manera que per a les grapes i abraçadores s'ha d'interposar un element elàstic en els mateixos casos, fins i tot quan es tracti de suports que agrupen diversos tubs.
- 4 La màxima separació que hi haurà entre suports depèn del tipus de canonada, del seu diàmetre i de la seva posició en la instal·lació.

#### 5.1.2 Execució dels sistemes de mesurament del consum. Comptadors

##### 5.1.2.1 Allotjament del comptador general

- 1 La cambra o arqueta d'allotjament ha d'estar construïda de tal manera que una fuga d'aigua en la instal·lació no afecti la resta de l'edifici. Amb aquesta finalitat, ha d'estar impermeabilitzada i ha de disposar d'un desguàs al seu paviment o fons que garanteixi l'evacuació del cabal d'aigua màxim previst en la connexió de servei. El desguàs l'ha de conformar un embornal de tipus sifònic proveït de reixeta d'acer inoxidable rebuda en la superfície de l'esmentat fons o paviment. L'abocament s'ha de fer a la xarxa de sanejament general de l'edifici, si aquesta és capaç d'absorbir l'esmentat cabal, i si no ho és, s'ha de fer directament a la xarxa pública de clavegueram.
- 2 Les superfícies interiors de la cambra o arqueta, quan aquesta es realitzi in situ, s'han d'acabar adequadament mitjançant un arrebossat, brunyiment i remolinament, sense cantonades en el fons, que alhora ha de tenir el pendent adequat cap a l'embornal. Si aquesta és prefabricada ha de complir els mateixos requisits de manera general.



- 3 En qualsevol cas, ha de disposar de la preinstal·lació adequada per a una connexió d'enviament de senyals per a la lectura a distància del comptador.
- 4 S'han de tancar amb portes capaces de resistir adequadament tant l'acció de la intempèrie com possibles esforços mecànics derivats de la seva utilització i situació. En aquestes, s'han de practicar obertures fixes, perforacions o reixetes, que possibilitin la ventilació necessària de la cambra. Han d'anar proveïdes de pany i clau per impedir la manipulació per persones no autoritzades, tant del comptador com de les seves claus.

#### 5.1.2.2 Comptadors individuals aïllats

- 1 S'han d'allotjar en cambra, arqueta o armari segons les diferents possibilitats d'instal·lació i complir els requisits establerts en l'apartat anterior quant a les seves condicions d'execució. En qualsevol cas aquest allotjament ha de disposar de desguàs capaç per al cabal màxim contingut en aquest tram de la instal·lació, connectat, o bé a la xarxa general d'evacuació de l'edifici, o bé amb una xarxa independent que els reculli tots i la connecti amb la xarxa general esmentada.

#### 5.1.3 Execució dels sistemes de control de la pressió

##### 5.1.3.1 Muntatge del grup de sobreelevació

###### 5.1.3.1.1 Dipòsit auxiliar d'alimentació

- 1 En aquests dipòsits l'aigua potable pot ser emmagatzemada sota les premisses següents:
  - a) el dipòsit ha d'estar fàcilment accessible i ser fàcil de netejar. En qualsevol cas ha de disposar de tapa i aquesta ha d'estar assegurada contra lliscament i disposar a la zona més alta de suficient ventilació i aireig;
  - b) és necessari assegurar totes les unions amb l'atmosfera contra l'entrada d'animals i immissions nocives amb dispositius eficaços, com ara tamisos de trama densa per a ventilació i aireig, sifó per al sobreeiximent.
- 2 Respecte a la seva construcció, ha de ser capaç de resistir les càrregues previstes degudes a l'aigua continguda més les degudes a la sobrepressió de la xarxa, si s'escau.
- 3 En tots els casos, han d'estar proveïts d'un sobreeixidor, considerant les disposicions contra retorn de l'aigua especificades en el punt 3.3.
- 4 S'han de disposar a la canonada d'alimentació al dipòsit un o diversos dispositius de tancament per evitar que el nivell d'ompliment d'aquest superi el màxim previst. Els dispositius esmentats han de ser vàlvules pilotades. En cas que tingui lloc un excés de pressió s'ha d'interposar, abans de les vàlvules esmentades, una altra vàlvula que limiti la pressió amb la finalitat de no produir el deteriorament de les anteriors.
- 5 La centraleta de maniobra i control de l'equip ha de disposar d'un hidronivell de protecció per impedir el funcionament de les bombes amb un baix nivell d'aigua.
- 6 S'ha de disposar dels mecanismes necessaris que permetin la fàcil evacuació de l'aigua continguda al dipòsit, per facilitar-ne el manteniment i la neteja. Així mateix, s'han de construir i connectar de manera que l'aigua es renovi pel seu propi mode de funcionament sempre evitant l'existència d'aigua estancada.

###### 5.1.3.1.2 Bombes

- 1 S'han de muntar sobre bancada de formigó o un altre tipus de material que garanteixi la suficient massa i inèrcia al conjunt i impedeixi la transmissió de sorolls i vibracions a l'edifici. Entre la bomba i la bancada han d'anar interposats, a més, elements antivibratoris adequats a l'equip a instal·lar, que serveixen d'ancoratge d'aquest a la bancada esmentada.
- 2 A la sortida de cada bomba s'ha d'instal·lar un maneguet elàstic, amb la finalitat d'impedir la transmissió de vibracions a la xarxa de canonades.
- 3 Igualment, s'han de disposar claus de tancament, abans i després de cada bomba, de manera que es puguin desmuntar sense interrupció del proveïment d'aigua.
- 4 Els sistemes antivibratoris han de tenir uns valors de transmissibilitat  $\tau$  inferiors als establerts en l'apartat corresponent del DB-HR.

- 5 Es consideren vàlids els suports antivibratoris i els maneguets elàstics que compleixin el que disposa la norma UNE 100 153:1988.
- 6 Sempre s'ha de portar a terme un adequat anivellament.
- 7 Les bombes d'impulsió s'han instal·lar preferiblement submergides.

#### 5.1.3.1.3 Dipòsit de pressió

- 1 Ha d'estar dotat d'un pressòstat amb manòmetre, regulat a les pressions màxima i mínima de servei, fent d'interruptor, comandant la centraleta de maniobra i control de les bombes, de tal manera que aquestes només funcionin en el moment en què disminueixi la pressió a l'interior del dipòsit fins als límits establerts, provocant el tall de corrent, i per tant la parada dels equips de bombament, quan s'assoleixi la pressió màxima de l'aire contingut en el dipòsit. Els valors corresponents de reglatge han de figurar de manera visible en el dipòsit.
- 2 En equips amb diverses bombes de funcionament en cascada, s'hi han d'instal·lar tants pressòstats com bombes es vulgui fer entrar en funcionament. Aquests pressòstats s'han de regular mitjançant un valor de pressió diferencial perquè les bombes entrin en funcionament consecutiu per estalviar energia.
- 3 Han de complir la reglamentació vigent sobre aparells a pressió i la seva construcció ha d'atendre, en qualsevol cas, l'ús previst. Han de disposar, en un lloc visible, d'una placa en la qual figuri la contrasenya de certificació, les pressions màximes de treball i prova, la data de timratge, el gruix de la xapa i el volum.
- 4 El timbre de pressió màxima de treball del dipòsit ha de superar, almenys, en 1 bar, la pressió màxima prevista a la instal·lació.
- 5 Ha de disposar d'una vàlvula de seguretat, situada a la seva part superior, amb una pressió d'obertura per damunt de la pressió nominal de treball i inferior o igual a la pressió de timratge del dipòsit.
- 6 Per evitar parades i posades en marxa massa freqüents de l'equip de bombament, amb la despesa d'energia consegüent, s'ha de donar un marge prou ampli entre la pressió màxima i la pressió mínima a l'interior del dipòsit, tal com figura en els punts corresponents al seu càlcul.
- 7 Si s'instal·lessin diversos dipòsits, aquests es poden disposar tant en línia com en derivació.
- 8 Les conduccions de connexió s'han d'instal·lar de manera que l'aire comprimit no pugui arribar ni a l'entrada al dipòsit ni a la seva sortida a la xarxa de distribució.

#### 5.1.3.2 Funcionament alternatiu del grup de pressió convencional

- 1 S'ha de preveure una derivació alternativa (*by-pass*) que uneixi el tub d'alimentació amb el tub de sortida del grup cap a la xarxa interior de subministrament, de manera que no es produeixi una interrupció total del proveïment per la parada d'aquest i que s'aprofiti la pressió de la xarxa de distribució en els moments en què aquesta sigui suficient per proveir la nostra instal·lació.
- 2 Aquesta derivació ha de portar incloses una vàlvula de tres vies motoritzada i una vàlvula antiretorn posterior a aquesta. La vàlvula de tres vies ha d'estar accionada automàticament per un manòmetre i el seu corresponent pressòstat, en funció de la pressió de la xarxa de subministrament, donant pas a l'aigua quan aquesta prengui valor suficient de proveïment i tancant el pas al grup de pressió, de manera que aquest només funcioni quan sigui imprescindible. L'accionament de la vàlvula també pot ser manual per discriminar el sentit de circulació de l'aigua sobre la base d'altres causes com ara avaries, interrupció del subministrament elèctric, etc.
- 3 Quan en un edifici es produeixi la circumstància d'haver de recórrer a un doble distribuïdor principal per donar servei a plantes amb pressió de xarxa i servei a plantes mitjançant grup de pressió, es pot optar per no duplicar el distribuïdor esmentat i fer funcionar la vàlvula de tres vies amb pressions màxima i/o mínima per a cada situació.
- 4 Tenint en compte les característiques de funcionament dels grups de pressió amb accionament regulable, no és imprescindible, encara que sí que és aconsellable, la instal·lació de cap tipus de circuit alternatiu.

#### 5.1.3.3 Execució i muntatge del reductor de pressió

- 1 Quan hi ha bateries mescladores, s'ha d'instal·lar una reducció de pressió centralitzada.
- 2 S'han d'instal·lar lliures de pressions i preferentment amb el casquet de molla disposat en vertical.

- 3 Davant i darrere del reductor s'han d'instal·lar claus de tancament que possibilitin el seu ajust i manteniment.
- 4 Així mateix, s'ha de disposar d'un ràcord de connexió per a la instal·lació d'un aparell de mesurament de pressió o un pont de pressió diferencial. Per impedir reaccions sobre el reductor de pressió s'ha de disposar al seu costat de sortida com a tram de retard, amb la mateixa mida nominal, un tram de tub d'una longitud mínima de cinc vegades el diàmetre interior.
- 5 Si al costat de sortida es troben parts de la instal·lació que per un tancament incomplet del reductor estan sobrecarregades amb una pressió no admissible, és necessari instal·lar-hi una vàlvula de seguretat. La pressió de sortida del reductor en aquests casos s'ha d'ajustar com a mínim un 20% per sota de la pressió de reacció de la vàlvula de seguretat.
- 6 Si per raons de servei es requereix un *by-pass*, aquest s'ha de proveir d'un reductor de pressió. Els reductors de pressió s'han d'eleger d'acord amb les seves corresponents condicions de servei i s'han d'instal·lar de manera que es produeixi circulació per tots dos.

#### 5.1.4 Muntatge dels filtres

- 1 El filtre s'ha d'instal·lar abans del primer ompliment de la instal·lació, i s'ha de situar immediatament davant del comptador segons el sentit de circulació de l'aigua. S'han d'instal·lar únicament filtres adequats.
- 2 En l'ampliació d'instal·lacions existents o en el canvi de trams grans d'instal·lació, és convenient la instal·lació d'un filtre addicional en el punt de transició, per evitar la transferència de matèries sòlides dels trams de conducció existents.
- 3 Per no haver d'interrompre el proveïment d'aigua durant els treballs de manteniment, es recomana la instal·lació de filtres retroesbandibles o d'instal·lacions paral·leles.
- 4 És necessari connectar una canonada amb sortida lliure per a l'evacuació de l'aigua de l'autorentatge.

##### 5.1.4.1 Instal·lació d'aparells dosificadors

- 1 Només s'han d'instal·lar aparells de dosificació conformes amb la reglamentació vigent.
- 2 Quan s'hagi de tractar tota l'aigua potable dins d'una instal·lació, s'ha d'instal·lar l'aparell de dosificació darrere de la instal·lació de comptador i, en cas d'existir, darrere del filtre i del reductor de pressió.
- 3 Si només s'ha de tractar l'aigua potable per a la producció d'ACS, llavors s'instal·la davant del grup de vàlvules en l'alimentació d'aigua freda al generador d'ACS.

##### 5.1.4.2 Muntatge dels equips de descalcificació

- 1 La canonada per a l'evacuació de l'aigua d'esbandida i regeneració s'ha de connectar amb sortida lliure.
- 2 Quan s'hagi de tractar tota l'aigua potable dins d'una instal·lació, s'ha d'instal·lar l'aparell de descalcificació darrere de la instal·lació de comptador, del filtre incorporat i davant d'un aparell de dosificació eventualment existent.
- 3 Quan només s'hagi de tractar l'aigua potable per a la producció d'ACS, llavors s'ha d'instal·lar, davant del grup de valvuleria, en l'alimentació d'aigua freda al generador d'ACS.
- 4 Quan sigui pertinent, s'ha de barrejar l'aigua descalcificada amb aigua dura per obtenir l'adequada duresa d'aquesta.
- 5 Quan es munti un sistema de tractament electrolític de l'aigua mitjançant ànodes d'alumini, s'ha d'instal·lar en l'últim acumulador d'ACS de la sèrie, com especifica la norma UNE 100 050:2000.

## 5.2 Posada en servei

### 5.2.1 Proves i assaigs de les instal·lacions

#### 5.2.1.1 Proves de les instal·lacions interiors

- 1 L'empresa instal·ladora està obligada a efectuar una prova de resistència mecànica i estanquitat de totes les canonades, elements i accessoris que integren la instal·lació, i tots els seus components han d'estar vistos i accessibles per al seu control.
- 2 Per iniciar la prova s'ha d'omplir d'aigua tota la instal·lació, mantenint obertes les aixetes terminals fins que es tingui la seguretat que la purga ha estat completa i no queda gens d'aire.

### 5.2.1.1 Proves de les instal·lacions interiors

- 1 L'empresa instal·ladora està obligada a efectuar una prova de resistència mecànica i estanquitat de totes les canonades, elements i accessoris que integren la instal·lació, estant tots els seus components vistos i accessibles per al seu control.
- 2 Per iniciar la prova s'ha d'omplir d'aigua tota la instal·lació, mantenint obertes les aixetes terminals fins que es tingui la seguretat que la purga ha estat completa i no queda gens d'aire. Llavors s'han de tancar les aixetes que han servit de purga i la de la font d'alimentació. A continuació s'ha d'utilitzar la bomba, que ja ha d'estar connectada i se n'ha de mantenir el funcionament fins a assolir la pressió de prova. Una vegada condicionada, s'ha de procedir en funció del tipus del material de la manera següent:
  - a) per a les canonades metàl·liques es consideren vàlides les proves realitzades segons el que es descriu en la norma UNE 100 151:1988;
  - b) per a les canonades termoplàstiques i multicapes es consideren vàlides les proves realitzades de conformitat amb el mètode A de la Norma UNE ENV 12 108:2002.
- 3 Una vegada realitzada la prova anterior, a la instal·lació s'hi han de connectar les aixetes i els aparells de consum, i s'han de sotmetre novament a la prova anterior.
- 4 El manòmetre que s'utilitzi en aquesta prova ha d'apreciar com a mínim intervals de pressió de 0,1 bar.
- 5 Les pressions al·ludides anteriorment es refereixen a nivell de la calçada.

### 5.2.1.2 Proves particulars de les instal·lacions d'ACS

- 1 En les instal·lacions de preparació d'ACS s'han de realitzar les proves de funcionament següents:
  - a) mesurament de cabal i temperatura en els punts d'aigua;
  - b) obtenció dels cabals exigits a la temperatura fixada una vegada obertes el nombre d'aixetes estimades en la simultaneïtat;
  - c) comprovació del temps que triga l'aigua a sortir a la temperatura de funcionament una vegada realitzat l'equilibratge hidràulic de les diferents branques de la xarxa de retorn i obertes d'una en una l'aixeta més allunyada de cadascun dels ramals, sense haver obert cap aixeta en les últimes 24 hores;
  - d) mesurament de temperatures de la xarxa;
  - e) amb l'acumulador a règim, comprovació amb termòmetre de contacte de les temperatures d'aquest, en la seva sortida i en les aixetes. La temperatura del retorn no ha de ser inferior en 3 °C a la de sortida de l'acumulador.

## 6 Productes de construcció

### 6.1 Condicions generals dels materials

- 1 De manera general, tots els materials que s'hagin d'utilitzar en les instal·lacions d'aigua potable han de complir els requisits següents:
  - a) tots els productes utilitzats han de complir el que s'especifica en la legislació vigent per a aigües de consum humà;
  - b) no han de modificar les característiques organolèptiques ni la salubritat de l'aigua subministrada;
  - c) han de ser resistents a la corrosió interior;
  - d) han de ser capaços de funcionar eficaçment en les condicions previstes de servei;
  - e) no han de presentar incompatibilitat electroquímica entre si;
  - f) han de ser resistents, sense presentar danys ni deteriorament, a temperatures de fins a 40 °C, sense que tampoc no els afecti la temperatura exterior del seu entorn immediat;
  - g) han de ser compatibles amb l'aigua a transportar i contenir i no han d'afavorir la migració de substàncies dels materials en quantitats que siguin un risc per a la salubritat i neteja de l'aigua de consum humà;

- h) el seu envelliment, fatiga, durabilitat i tot tipus de factors mecànics, físics o químics, no han de disminuir la vida útil prevista de la instal·lació.
- 2 Perquè es compleixin les condicions anteriors, es poden utilitzar revestiments, sistemes de protecció o els ja esmentats sistemes de tractament d'aigua.

## 6.2. Condicions particulars de les conduccions

- 1 En funció de les condicions exposades en l'apartat anterior, es consideren adequats per a les instal·lacions d'aigua potable els tubs següents:
- a) tubs d'acer galvanitzat, segons Norma UNE 19 047:1996;
  - b) tubs de coure, segons Norma UNE EN 1 057:1996;
  - c) tubs d'acer inoxidable, segons Norma UNE 19 049-1:1997;
  - d) tubs de fosa dúctil, segons Norma UNE EN 545:1995;
  - e) tubs de policlorur de vinil no plastificat (PVC), segons Norma UNE EN 1452:2000;
  - f) tubs de policlorur de vinil clorat (PVC-C), segons Norma UNE EN ISO 15877:2004;
  - g) tubs de polietilè (PE), segons normes UNE EN 12201:2003;
  - h) tubs de polietilè reticulat (PE-X), segons Norma UNE EN ISO 15875:2004;
  - i) tubs de polibutilè (PB), segons Norma UNE EN ISO 15876:2004;
  - j) tubs de polipropilè (PP) segons Norma UNE EN ISO 15874:2004;
  - k) tubs multicapa de polímer / alumini / polietilè resistent a temperatura (PE-RT), segons Norma UNE 53 960 EX:2002;
  - l) tubs multicapa de polímer / alumini / polietilè reticulat (PE-X), segons Norma UNE 53 961 EX:2002.
- 2 No es poden fer servir per a les canonades ni per als accessoris materials que puguin produir concentracions de substàncies nocives que excedeixin els valors permesos pel Reial decret 140/2003, de 7 de febrer.
- 3 L'ACS es considera igualment aigua potable i ha de complir, per tant, tots els requisits sobre això.
- 4 A causa de l'alteració que produeixen en les condicions de potabilitat de l'aigua, queden prohibits expressament els tubs d'alumini i aquells la composició dels quals contingui plom.
- 5 Tots els materials utilitzats en els tubs, accessoris i components de la xarxa, incloent-hi també les juntes elàstiques i productes usats per a l'estanquitat, així com els materials d'aportament i fundents per a soldadures, han de complir igualment les condicions exposades.

### 6.2.2 Aïllants tèrmics

- 1 L'aïllament tèrmic de les canonades utilitzat per reduir pèrdues de calor, evitar condensacions i congelació de l'aigua a l'interior de les conduccions, s'ha de realitzar amb conques resistents a la temperatura d'aplicació.

### 6.2.3 Vàlvules i claus

- 1 El material de vàlvules i claus no pot ser incompatible amb les canonades en què s'intercalin.
- 2 El cos de la clau o vàlvula ha de ser d'una sola peça de fosa o fosa en bronze, llautó, acer, acer inoxidable, aliatges especials o plàstic.
- 3 Només es poden utilitzar vàlvules de tancament per gir de 90° com a vàlvules de canonada si serveixen com a òrgan de tancament per a treballs de manteniment.
- 4 Han de ser resistents a una pressió de servei de 10 bar.

## 6.3 Incompatibilitats

### 6.3.1 Incompatibilitat dels materials i l'aigua

- 1 Sempre s'ha d'evitar la incompatibilitat de les canonades d'acer galvanitzat i coure controlant l'agressivitat de l'aigua. Per als tubs d'acer galvanitzat es consideren agressives les aigües no incrustants amb continguts d'ió clorur superiors a 250 mg/l. Per a la seva valoració s'utilitza l'índex de Langelier. Per als tubs de coure es consideren agressives les aigües dolces i àcides (pH inferior a 6,5) i amb continguts alts de CO<sub>2</sub>. Per a la seva valoració s'utilitza l'índex de Lucey.
- 2 Per als tubs d'acer galvanitzat les condicions límit de l'aigua a transportar, a partir de les quals és necessari un tractament, són les de la taula 6.1:

Taula 6.1

Característiques	Aigua freda	Aigua calenta
Resistivitat (Ohm x cm)	1.500 – 4.500	2.200 – 4.500
Títol alcalimètric complet (TAC) meq/l	1,6 mínim	1,6 mínim
Oxigen dissolt, mg/l	4 mínim	-
CO <sub>2</sub> lliure, mg/l	30 màxim	15 màxim
CO <sub>2</sub> agressiu, mg/l	5 màxim	-
Calci (Ca <sup>2+</sup> ), mg/l	32 mínim	32 mínim
Sulfats (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), mg/l	150 màxim	96 màxim
Clorurs (Cl <sup>-</sup> ), mg/l	100 màxim	71 màxim
Sulfats + Clorurs, meq/l	-	3 màxim

- 3 Per als tubs de coure les condicions límit de l'aigua a transportar, a partir de les quals és necessari un tractament, són les de la taula 6.2:

Taula 6.2

Característiques	Aigua freda i aigua calenta
pH	7,0 mínim
CO <sub>2</sub> lliure, mg/l	no concentracions altes
Índex de Langelier (IS)	ha de ser positiu
Duresa total (TH), °F	5 mínim (no aigües dolces)

- 4 Per a les canonades d'acer inoxidable les qualitats s'han de seleccionar en funció del contingut de clorurs dissolts a l'aigua. Quan aquests no sobrepassin els 200 mg/l es pot utilitzar l'AISI-304. Per a concentracions superiors és necessari utilitzar l'AISI-316.

### 6.3.2 Incompatibilitat entre materials

#### 6.3.2.1 Mesures de protecció enfront de la incompatibilitat entre materials

- 1 S'ha d'evitar l'acoblament de canonades i elements de metalls amb diferents valors de potencial electroquímic excepte quan segons el sentit de circulació de l'aigua s'instal·li primer el de menor valor.
- 2 En particular, les canonades de coure no s'han de col·locar abans de les conduccions d'acer galvanitzat, segons el sentit de circulació de l'aigua, per evitar l'aparició de fenòmens de corrosió per la formació de parells galvànics i arrossegament d'ions Cu<sup>+</sup> cap a les conduccions d'acer galvanitzat, que accelerin el procés de perforació.
- 3 Igualment, no s'han d'instal·lar aparells de producció d'ACS en coure col·locats abans de canalitzacions en acer.
- 4 Excepcionalment, per requisits insalvables de la instal·lació, s'admet l'ús de maneguets antielectrolítics, de material plàstic, en la unió del coure i l'acer galvanitzat.
- 5 S'autoritza, tanmateix, l'acoblament de coure després d'acer galvanitzat, muntant una vàlvula de retenció entre les dues canonades.
- 6 Es poden acoblar a l'acer galvanitzat elements d'acer inoxidable.
- 7 En les beines passamurs, s'ha d'interposar un material plàstic per evitar contactes inconvenients entre diferents materials.

## **7 Manteniment i conservació**

### **7.1 Interrupció del servei**

- 1 En les instal·lacions d'aigua potable que no es posin en servei després de 4 setmanes des de la seva terminació, o les que es mantinguin fora de servei més de 6 mesos, s'ha de tancar la seva connexió i procedir al seu buidatge.
- 2 Les connexions de servei que no siguin utilitzades immediatament després de la seva terminació o que estiguin parades temporalment s'han de tancar en la conducció de proveïment. Les connexions de servei que no s'utilitzin durant 1 any han de ser taponades.

### **7.2 Nova posada en servei**

- 1 En instal·lacions de descalcificació és necessari iniciar una regeneració per arrencada manual.
- 2 Les instal·lacions d'aigua potable que hagin estat posades fora de servei i buidades provisionalment han de ser rentades a fons per a la nova posada en servei. Per a això es pot seguir el procediment següent:
  - a) per a l'ompliment de la instal·lació s'han d'obrir al principi només una mica les claus de tancament, començant per la clau de tancament principal. A continuació, per evitar cops d'ariet i danys, s'han de purgar d'aire durant un temps les conduccions per obertura lenta de cadascuna de les claus de presa, començant per la més allunyada o la situada més alta, fins que no surti més aire. A continuació s'han d'obrir totalment les claus de tancament i rentar les conduccions;
  - b) una vegada omplertes i rentades les conduccions i amb totes les claus de presa tancades, s'ha de comprovar l'estanquitat de la instal·lació per control visual de totes les conduccions accessibles, connexions i dispositius de consum.

### **7.3 Manteniment de les instal·lacions**

- 1 Les operacions de manteniment relatives a les instal·lacions de lampisteria han de recollir detalladament les prescripcions contingudes per a aquestes instal·lacions en el Reial decret 865/2003 sobre criteris higienicosanitaris per a la prevenció i control de la legionel·losi, i particularment tot el que es refereix al seu annex 3.
- 2 Els equips que necessitin operacions periòdiques de manteniment, com ara elements de mesura, control, protecció i maniobra, així com vàlvules, comportes, unitats terminals, que hagin de quedar ocults, s'han de situar en espais que permetin l'accessibilitat.
- 3 S'aconsella situar les canonades en llocs que permetin l'accessibilitat al llarg del seu recorregut per facilitar la inspecció d'aquestes i dels seus accessoris.
- 4 En cas de comptabilització del consum mitjançant bateria de comptadors, les línies repartidores fins a cada derivació particular es considera que formen part de la instal·lació general, als efectes de conservació i manteniment ja que transcorren per zones comunes de l'edifici.

## Apèndix A. Terminologia

**Ascendents (o muntants):** canonades verticals que enllacen el distribuïdor principal amb les instal·lacions interiors particulars o derivacions col·lectives.

**Cabal instantani:** volum d'aigua subministrat per unitat de temps.

**Cabal instantani mínim:** cabal instantani que han de rebre els aparells sanitaris amb independència de l'estat de funcionament.

**Cabal simultani:** cabal que es produeix pel funcionament lògic simultani d'aparells de consum o unitats de subministrament.

**Clau de pas:** clau col·locada al tub d'alimentació que pugui tallar el pas de l'aigua cap a la resta de la instal·lació interior.

**Clau de registre:** clau col·locada al final de la connexió de servei perquè es pugui tancar el pas de l'aigua cap a la instal·lació interior.

**Comptadors divisionaris:** aparells que mesuren els consums particulars de cada abonat i el de cada servei que així ho requereixi a l'edifici. En general s'instal·len sobre les bateries.

**Comptador general:** aparell que mesura la totalitat dels consums produïts a l'edifici.

**Connexió de servei:** canonada que enllaça la instal·lació general de l'edifici amb la xarxa exterior de subministrament.

**Derivació d'aparell:** canonada que enllaça la derivació particular o una de les seves ramificacions amb un aparell de consum.

**Derivació particular:** canonada que enllaça l'ascendent amb les derivacions d'aparell, directament o a través d'una ramificació.

**Diàmetre nominal:** número convencional que serveix de referència i forma part de la identificació dels diversos elements que s'acoblen entre si en una instal·lació, i que es pot referir al diàmetre interior o al diàmetre exterior. Són especificats en les normes UNE corresponents a cada tipus de canonada.

**Dipòsit d'acumulació:** dipòsit que serveix bàsicament, en els grups de pressió, per a la succió d'aigua per les electrobombes corresponents sense fer-ho directament des de la xarxa exterior; de reserva, quan el subministrament habitual sigui discontinu o insuficient.

**Distribuïdor principal:** canonada que enllaça els sistemes de control de la pressió i les ascendents o derivacions.

**Fluxor:** element de descàrrega que disposa de tancament automàtic i que en ser accionat permet el pas d'un gran cabal durant el temps en què estigui accionat.

**Fluxor:** clau, temporitzada, de tancament automàtic que en ser oberta és capaç de proporcionar un cabal d'aigua abundant en un breu període de temps, emprada generalment per substituir el dipòsit de descàrrega als vàters i altres aparells utilitzats en serveis d'ús públic.

**Gruix nominal:** número convencional que s'aproxima al gruix del tub.

**Grup de sobreelevació:** equip que permet disposar d'una pressió més gran que la que proporciona la xarxa de distribució.

**Instal·lació general:** conjunt de canonades i elements de control i regulació que enllacen la connexió de servei amb les instal·lacions interiors particulars i les derivacions col·lectives.

**Instal·lació interior particular:** part de la instal·lació compresa entre cada comptador i els aparells de consum de l'abonat corresponent.

Xarxa de canonades, claus i dispositius que transcorren per l'interior de la propietat particular, des de la clau de pas fins als corresponents punts de consum. Està composta de:

- clau de pas: que permet el tall del subministrament a tota la xarxa



---

**Document bàsic HS Salubritat**

---

- derivacions particulars: tram de canalització comprès entre la clau de pas i els ramals d'enllaç
- ramals d'enllaç: trams que connecten la derivació particular amb els diferents punts de consum
- punts de consum: tot aparell o equip individual o col·lectiu que requereixi subministrament d'aigua freda per a la seva utilització directa o per a la seva posterior conversió en ACS.

**Local humit:** local en el qual hi ha aparells que consumeixen aigua, alimentats per les derivacions d'aparell de la instal·lació interior particular.

**Passamurs:** orifici que es practica al mur d'un tancament de l'edifici per al pas d'una canonada, de manera que aquesta quedi solta i permeti la lliure dilatació.

**Pressió de prova:** pressió manomètrica a la qual se sotmet la instal·lació durant la prova d'estanquitat.

**Pressió de servei:** pressió manomètrica del subministrament d'aigua a la instal·lació en règim estacionari.

**Pressió de treball:** valor de la pressió manomètrica interna màxima per a la qual s'ha dissenyat el tub, considerant un ús continuat de 50 anys.

**Pressió nominal:** número convencional que coincideix amb la pressió màxima de treball a 20 °C.

**Prova de resistència mecànica i estanquitat:** prova que consisteix a sotmetre a pressió una xarxa de canonades amb la finalitat de detectar trencaments en la instal·lació i falta d'estanquitat.

**Purgat:** consisteix a eliminar o evacuar l'aire de les canonades de la instal·lació.

**Tub d'alimentació:** canonada que enllaça la clau de tall general i els sistemes de control i regulació de la pressió o el distribuïdor principal.

**Vàlvula de retenció:** dispositiu que impedeix automàticament el pas d'un fluid en sentit contrari al normal funcionament d'aquesta.

**Vàlvula de seguretat:** dispositiu que s'obre automàticament quan la pressió del circuit puja per damunt del valor de taratge, i descarrega l'excés de pressió a l'atmosfera. El seu escapament és reconduït a desguàs.

**Vàlvula limitadora/reguladora de pressió:**

## Apèndix B. Notacions i unitats

- 1 S'utilitza el sistema d'unitats de mesura SI (sistema internacional) d'acord amb el que disposa el Reial decret 1317/1989, de 20 d'octubre, pel qual s'estableixen les unitats legals de mesura.

Longitud metre (m)  
 Massa quilogram (kg)  
 Temps segon (s)  
 Força Newton (N)

Unitat derivada

Pressió Pascal (Pa) = N / m<sup>2</sup>

**Taula B.1 Relacions amb altres unitats usuals**

Quilogram-força (kgf)	1 kgf	9,80665 N
Megapascal (MPa)	1 MPa	1000 N / m <sup>2</sup>
Atmosfera (atm)	1 atm	1,01325 x 10 <sup>5</sup> Pa
Bar (bar)	1 bar	105 Pa
Metre de columna d'aigua (m.c.a.)	1 m.c.a.	9,80665 x 10 <sup>3</sup> Pa
kgf/cm <sup>2</sup>	1 kgf/cm <sup>2</sup>	9,80665 x 10 <sup>4</sup> Pa

## Apèndix C. Normes de referència

<b>UNE EN 274-1:2002</b>	“Accessoris de desguàs per a aparells sanitaris. Part 1: Requisits”.
<b>UNE EN 274-2:2002</b>	“Accessoris de desguàs per a aparells sanitaris. Part 2: Mètodes d'assaig”.
<b>UNE EN 274-3:2002</b>	“Accessoris de desguàs per a aparells sanitaris. Part 3: Control de qualitat”.
<b>UNE EN 545:2002</b>	“Tubs, ràcords i accessoris en fosa dúctil i les seves unions per a canalitzacions d'aigua. Requisits i mètodes d'assaig”.
<b>UNE EN 806-1:2001</b>	“Especificacions per a instal·lacions de conducció d'aigua destinada al consum humà a l'interior dels edificis. Part 1: Generalitats”.
<b>UNE EN 816:1997</b>	“Aixetes sanitàries. Aixetes de tancament automàtic PN 10”.
<b>UNE EN 1 057:1996</b>	“Coure i aliatges de coure. Tubs rodons de coure, sense soldadura, per a aigua i gas en aplicacions sanitàries i de calefacció”.
<b>UNE EN 1 112:1997</b>	“Dutxes per a aixetes sanitàries (PN 10)”.
<b>UNE EN 1 113:1997</b>	“Flexibles de dutxa per a aixetes sanitàries (PN 10)”.
<b>UNE EN 1 254-1:1999</b>	“Coure i aliatges de coure. Accessoris. Part 1: Accessoris per a soldatge o soldatge fort per capil·laritat per a canonades de coure”.
<b>UNE EN 1 254-2:1999</b>	“Coure i aliatges de coure. Accessoris. Part 2: Accessoris de compressió per a canonades de coure”.
<b>UNE EN 1 254-3:1999</b>	“Coure i aliatges de coure. Accessoris. Part 3: Accessoris de compressió per a canonades de plàstic”.
<b>UNE EN 1 254-4:1999</b>	“Coure i aliatges de coure. Accessoris. Part 4: Accessoris per soldar per capil·laritat o de compressió per muntar amb altres tipus de connexions”.
<b>UNE EN 1 254-5:1999</b>	“Coure i aliatges de coure. Accessoris. Part 5: Accessoris d'embocadura curta per soldar per capil·laritat amb soldatge fort per a canonades de coure”.
<b>UNE EN 1 452-1:2000</b>	“Sistemes de canalització en materials plàstics per a conducció d'aigua. Poli (clorur de vinil) no plastificat (PVC – U). Part 1: Generalitats”.
<b>UNE EN 1 452-2:2000</b>	“Sistemes de canalització de materials plàstics per a conducció d'aigua. Poli (clorur de vinil) no plastificat (PVC – U). Part 2: Tubs”.
<b>UNE EN 1 452-3:2000</b>	“Sistemes de canalització de materials plàstics per a conducció d'aigua. Poli (clorur de vinil) no plastificat (PVC – U). Part 3: Accessoris”.
<b>UNE EN 12 201-1:2003</b>	“Sistemes de canalització en materials plàstics per a conducció d'aigua. Polietilè (PE). Part 1: Generalitats”.
<b>UNE EN 12 201-2:2003</b>	“Sistemes de canalització en materials plàstics per a conducció d'aigua. Polietilè (PE). Part 2: Tubs.”
<b>UNE EN 12 201-3:2003</b>	“Sistemes de canalització en materials plàstics per a conducció d'aigua. Polietilè (PE). Part 3: Accessoris”.
<b>UNE EN 12 201-4:2003</b>	“Sistemes de canalització en materials plàstics per a conducció d'aigua. Polietilè (PE). Part 4: Vàlvules”.

## Document bàsic HS Salubritat

<b>UNE EN ISO 3 822-2:1996</b>	"Acústica. Mesurament en laboratori del soroll emès per les aixetes i els equipaments hidràulics utilitzats en les instal·lacions de proveïment d'aigua. Part 2: Condicions de muntatge i de funcionament de les instal·lacions de proveïment d'aigua i de les aixetes. (ISO 3822-2:1995)".
<b>UNE EN ISO 3 822-3:1997</b>	"Acústica. Mesurament en laboratori del soroll emès per les aixetes i els equipaments hidràulics utilitzats en les instal·lacions de proveïment d'aigua. Part 3: Condicions de muntatge i de funcionament de les aixetes i dels equipaments hidràulics en línia. (ISO 3822-3:1997)".
<b>UNE EN ISO 3 822-4:1997</b>	"Acústica. Mesurament en laboratori del soroll emès per les aixetes i els equipaments hidràulics utilitzats en les instal·lacions de proveïment d'aigua. Part 4: Condicions de muntatge i de funcionament dels equipaments especials. (ISO 3822-4:1997)".
<b>UNE EN ISO 12 241:1999</b>	"Aïllament tèrmic per a equips d'edificació i instal·lacions industrials. Mètode de càlcul".
<b>UNE EN ISO 15874-1:2004</b>	"Sistemes de canalització en materials plàstics per a instal·lacions d'aigua calenta i freda. Polipropilè (PP). Part 1: Generalitats".
<b>UNE EN ISO 15874-2:2004</b>	"Sistemes de canalització en materials plàstics per a instal·lacions d'aigua calenta i freda. Polipropilè (PP). Part 2: Tubs".
<b>UNE EN ISO 15874-3:2004</b>	"Sistemes de canalització en materials plàstics per a instal·lacions d'aigua calenta i freda. Polipropilè (PP). Part 3: Accessoris".
<b>UNE EN ISO 15875-1:2004</b>	"Sistemes de canalització en materials plàstics per a instal·lacions d'aigua calenta i freda. Polietilè reticulat (PE-X). Part 1: Generalitats".
<b>UNE EN ISO 15875-2:2004</b>	"Sistemes de canalització en materials plàstics per a instal·lacions d'aigua calenta i freda. Polietilè reticulat (PE-X). Part 2: Tubs".
<b>UNE EN ISO 15875-3:2004</b>	"Sistemes de canalització en materials plàstics per a instal·lacions d'aigua calenta i freda. Polietilè reticulat (PE-X). Part 3: Accessoris".
<b>UNE EN ISO 15876-1:2004</b>	"Sistemes de canalització en materials plàstics per a instal·lacions d'aigua calenta i freda. Polibutilè (PB). Part 1: Generalitats".
<b>UNE EN ISO 15876-2:2004</b>	"Sistemes de canalització de materials plàstics per a instal·lacions d'aigua calenta i freda. Polibutilè (PB). Part 2: Tubs".
<b>UNE EN ISO 15876-3:2004</b>	"Sistemes de canalització de materials plàstics per a instal·lacions d'aigua calenta i freda. Polibutilè (PB). Part 3: Accessoris".
<b>UNE EN ISO 15877-1:2004</b>	"Sistemes de canalització en materials plàstics per a instal·lacions d'aigua calenta i freda. Poli(clorur de vinil) clorat (PVC-C). Part 1: Generalitats".
<b>UNE EN ISO 15877-2:2004</b>	"Sistemes de canalització en materials plàstics per a instal·lacions d'aigua calenta i freda. Poli(clorur de vinil) clorat (PVC-C). Part 2: Tubs."
<b>UNE EN ISO 15877-3:2004</b>	"Sistemes de canalització en materials plàstics per a instal·lacions d'aigua calenta i freda. Poli(clorur de vinil) clorat (PVC-C). Part 3: Accessoris"
<b>UNE 19 040:1993</b>	"Tubs roscables d'acer d'ús general. Mides i masses. Sèrie normal".
<b>UNE 19 041:1993</b>	"Tubs roscables d'acer d'ús general. Mides i masses. Sèrie reforçada".

Document bàsic **HS** Salubritat

---

<b>UNE 19 047:1996</b>	“Tubs d'acer soldats i galvanitzats per a instal·lacions interiors d'aigua freda i calenta”.
<b>UNE 19 049-1:1997</b>	“Tubs d'acer inoxidable per a instal·lacions interiors d'aigua freda i calenta. Part 1: Tubs”.
<b>UNE 19 702:2002</b>	“Aixetes sanitàries d'alimentació. Terminologia”.
<b>UNE 19 703:2003</b>	“Aixetes sanitàries. Especificacions tècniques”.
<b>UNE 19 707:1991</b>	“Aixetes sanitàries. Especificacions tècniques generals per a aixetes simples i mescladores (dimensió nominal 1/2). PN 10. Pressió dinàmica mínima de 0,05 Mpa (0,5 bar) ”.
<b>UNE 53 131:1990</b>	“Plàstics. Tubs de polietilè per a conduccions d'aigua a pressió. Característiques i mètodes d'assaig”.
<b>UNE 53 323:2001 EX</b>	“Sistemes de canalització enterrats de materials plàstics per a aplicacions amb pressió i sense. Plàstics termoestables reforçats amb fibra de vidre (PRFV) basats en resines de polièster insaturat (UP)”.
<b>UNE 100 151:1988</b>	“Climatització. Proves d'estanquitat de xarxes de canonades”.
<b>UNE 100 156:1989</b>	“Climatització. Dilatadors. Criteris de disseny”.
<b>UNE 100 171:1989 IN</b>	“Climatització. Aïllament tèrmic. Materials i col·locació”.

## Apèndix D. Simbologia

SÍMBOL	DESCRIPCIÓ	SÍMBOL	DESCRIPCIÓ
	CISTERNA DE RESERVA		CLAU DE PRESA EN CÀRREGA
	ALTERNADOR DE FUNCIONAMENT DE BOMBES		CLAU DE COMPORTA
	BOMBA		CLAU DE BOLA O D'ACCIONAMENT RÀPID
	COLZE AMB VOLTA CAP AMUNT		CLAU DE PAS AMB DESGUÀS O AIXETA DE BUIDATGE
	COLZE AMB VOLTA CAP A BAIX		CLAU D'ASSENTAMENT DE PAS RECTE
	COL·LECTOR		CLAU D'ASSENTAMENT DE PAS INCLINAT
	COLLARÍ DE PRESA		CLAU DE PAS AMB AIXETA DE BUIDATGE I DISPOSITIU ANTIRETORN
	CONNECTOR FLEXIBLE		MANÒMETRE
	COMPTADOR GENERAL		MANÒMETRE I PRESSÒSTAT
	COMPTADOR DIVISIONARI		PRESSÒSTAT
	DIPÒSIT ACUMULADOR		TUB DE RESERVA PER A LÍNIA D'ACCIONAMENT ELÈCTRIC O ELECTRÒNIC
	DIPÒSIT DE PRESSIÓ		VÀLVULA REGULADORA DE CABAL
	DISPOSITIU ANTIARIET		VÀLVULA DE SEGURETAT D'ESCAPAMENT CONDUÏT
	DILATADOR EN LÍNIA		VÀLVULA DE SEGURETAT D'ESCAPAMENT LLIURE
	DESGUÀS EN ARQUETA O ARMARI		VÀLVULA PILOTADA
	FILTRE		VÀLVULA ANTIRETORN
	FLUXOR		VÀLVULA DE DUES VIES MOTORITZADA
	AIXETA D'AIGUA FREDA		VÀLVULA DE TRES VIES MOTORITZADA
	AIXETA D'AIGUA FREDA TEMPORITZADA		VÀLVULA LIMITADORA DE PRESSIÓ
	AIXETA HIDROMESCLADORA MANUAL		VÀLVULA REGULADORA DE PRESSIÓ
	AIXETA HIDROMESCLADORA AUTOMÀTICA		VÀLVULA DE VENTOSA
	AIXETA ELECTRÒNICA		CANONADA D'ANADA O IMPULSIÓ D'AF
	AIXETA DE COMPROVACIÓ		CANONADA D'ANADA O IMPULSIÓ D'ACS
	PURGADOR		CANONADA DE RETORN O RECIRCULACIÓ D'ACS
	TERMÒMETRE		TE AMB SORTIDA CAP AMUNT
	LÍNIA D'ACCIONAMENT ELÈCTRIC O ELECTRÒNIC		TE AMB SORTIDA CAP A BAIX
	PASSATUBS		

## Secció HS 5

### Evacuació d'aigües

#### 1 Generalitats

##### 1.1 Àmbit d'aplicació

- 1 Aquesta secció s'aplica a la instal·lació d'evacuació d'*aigües residuals i pluvials* als edificis inclosos en l'àmbit d'aplicació general del CTE. Les ampliacions, modificacions, reformes o rehabilitacions de les instal·lacions existents es consideren incloses quan s'amplia el nombre o la capacitat dels aparells receptors existents en la instal·lació.

##### 1.2 Procediment de verificació

- 1 Per a l'aplicació d'aquesta secció s'ha de seguir la seqüència de verificacions que s'exposa a continuació.
  - a) Compliment de les condicions de disseny de l'apartat 3.
  - b) Compliment de les condicions de dimensionament de l'apartat 4.
  - c) Compliment de les condicions d'execució de l'apartat 5.
  - d) Compliment de les condicions dels productes de construcció de l'apartat 6.
  - e) Compliment de les condicions d'ús i manteniment de l'apartat 7.

#### 2 Caracterització i quantificació de les exigències

- 1 S'han de disposar *tancaments hidràulics* en la instal·lació que impedeixin el pas de l'aire que hi està contingut als locals ocupats sense afectar el flux de residus.
- 2 Les canonades de la xarxa d'evacuació han de tenir el traçat més senzill possible, amb unes distàncies i pendents que facilitin l'evacuació dels residus i ser autorentables. S'ha d'evitar la retenció d'aigües al seu interior.
- 3 Els diàmetres de les canonades han de ser els apropiats per transportar els cabals previsibles en condicions segures.
- 4 Les xarxes de canonades s'han de dissenyar de tal manera que siguin accessibles per al seu manteniment i reparació, per a la qual cosa s'han de disposar a la vista o allotjades en espais o xemeneies de ventilació registrables. En cas contrari han de disposar d'arquetes o registres.
- 5 S'han de disposar sistemes de ventilació adequats que permetin el funcionament dels *tancaments hidràulics* i l'evacuació de gasos mefítics.
- 6 La instal·lació no s'ha d'utilitzar per a l'evacuació d'altres tipus de residus que no siguin *aigües residuals o pluvials*.

#### 3 Disseny

##### 3.1 Condicions generals de l'evacuació

- 1 Els *col·lectors* de l'edifici han de desguassar, preferentment per gravetat, en el pou o arqueta general que constitueix el punt de connexió entre la instal·lació d'evacuació i la xarxa de clavegueram públic, a través de la *connexió de servei* corresponent.

- 2 Quan no hi hagi xarxa de clavegueram públic, s'han d'utilitzar sistemes individualitzats separats, un d'evacuació d'*aigües residuals* dotat d'una estació depuradora particular i un altre d'evacuació d'*aigües pluvials* al terreny.
- 3 Els residus agressius industrials requereixen un tractament previ a l'abocament a la xarxa de clavegueram o sistema de depuració.
- 4 Els residus procedents de qualsevol activitat professional exercida a l'interior dels habitatges diferents dels domèstics requereixen un tractament previ mitjançant dispositius com ara dipòsits de decantació, separadors o dipòsits de neutralització.

### 3.2 Configuracions dels sistemes d'evacuació

- 1 Quan hi hagi una única xarxa de clavegueram públic s'ha de disposar un *sistema mixt* o un *sistema separatiu* amb una connexió final de les *aigües pluvials* i les *residuals*, abans de la seva sortida a la xarxa exterior. La connexió entre la xarxa de *pluvials* i la de *residuals* s'ha de fer amb interposició d'un *tancament hidràulic* que impedeixi la transmissió de gasos d'una a l'altra i la seva sortida pels punts de captació com ara calderetes, reixetes o embornals. Aquest tancament pot estar incorporat als punts de captació de les aigües o ser un sífó final en la mateixa connexió.
- 2 Quan hi hagi dues xarxes de clavegueram públic, una d'*aigües pluvials* i una altra d'*aigües residuals* s'ha de disposar un *sistema separatiu* i cada xarxa de canalitzacions s'ha de connectar de manera independent amb l'exterior corresponent.

### 3.3 Elements que componen les instal·lacions

#### 3.3.1 Elements a la xarxa d'evacuació

##### 3.3.1.1 Tancaments hidràulics

- 1 Els tancaments hidràulics poden ser:
  - a) sífons individuals, propis de cada aparell;
  - b) pots sífònics, que poden servir a diversos aparells;
  - c) embornals sífònics;
  - d) arquetes sífòniques, situades als punts d'unió dels conductes enterrats d'*aigües pluvials* i *residuals*.
- 2 Els *tancaments hidràulics* han de tenir les característiques següents:
  - a) han de ser autorentables, de tal manera que l'aigua que els travessi arrossegui els sòlids en suspensió.
  - b) les seves superfícies interiors no han de retenir matèries sòlides;
  - c) no han de tenir parts mòbils que impedeixin el seu funcionament correcte;
  - d) han de tenir un registre de neteja fàcilment accessible i manipulable;
  - e) l'altura mínima de *tancament hidràulic* ha de ser 50 mm, per a usos continus i 70 mm, per a usos discontinus. L'altura màxima ha de ser 100 mm. La corona ha d'estar a una distància igual o inferior a 60 cm per sota de la vàlvula de desguàs de l'aparell. El diàmetre del sífó ha de ser igual o superior al diàmetre de la vàlvula de desguàs i igual o inferior al del ramal de desguàs. En cas que hi hagi una diferència de diàmetres, la mida ha d'augmentar en el sentit del flux;
  - f) s'ha d'instal·lar al més a prop possible de la vàlvula de desguàs de l'aparell, per limitar la longitud de tub brut sense protecció cap a l'ambient;
  - g) no s'ha d'instal·lar sèrie, per la qual cosa quan s'instal·li pot sífònic per a un grup d'aparells sanitaris, aquests no han d'estar dotats de sífó individual;
  - h) si es disposa un únic *tancament hidràulic* per a servei de diversos aparells, s'ha de reduir al màxim la distància d'aquests al tancament;
  - i) un pot sífònic no ha de donar servei a aparells sanitaris no disposats a la cambra humida on estigui instal·lat;
  - j) el desguàs d'aigüeres, safareigs i aparells de bombament (rentadores i rentavaixelles) s'ha de fer amb sífó individual.



### 3.3.1.2 Xarxes de petita evacuació

- 1 Les xarxes de petita evacuació s'han de dissenyar d'acord amb els criteris següents:
  - a) el traçat de la xarxa ha de ser el més senzill possible per aconseguir una circulació natural per gravetat, evitant els canvis bruscos de direcció i utilitzant les peces especials adequades;
  - b) s'han de connectar als *baixants*; quan per condicionants del disseny això no fos possible, es permet la seva connexió al canó de desguàs del vàter;
  - c) la distància del pot sifònic al *baixant* no ha de ser superior a 2,00 m;
  - d) les derivacions que connectin amb el pot sifònic han de tenir una longitud igual o menor que 2,50 m, amb un pendent comprès entre el 2 i el 4%;
  - e) en els aparells dotats de sifó individual han de tenir les característiques següents:
    - i) a les aigüeres, els safareigs, els lavabos i els bidets la distància al *baixant* ha de ser 4,00 m com a màxim, amb pendents compresos entre un 2,5 i un 5%;
    - ii) a les banyeres i les dutxes el pendent ha de ser menor o igual que el 10%;
    - iii) el desguàs dels vàters als *baixants* s'ha de realitzar directament o per mitjà d'un canó de desguàs de connexió de servei de longitud igual o menor que 1,00 m, sempre que no sigui possible donar al tub el pendent necessari.
  - f) s'ha de disposar un sobreeixidor als lavabos, bidets, banyeres i aigüeres;
  - g) no s'han de disposar desguassos enfrontats derivant en una canonada comuna;
  - h) les unions dels desguassos als *baixants* han de tenir la màxima inclinació possible, que en qualsevol cas no ha de ser menor que 45°;
  - i) quan s'utilitzi el sistema de sifons individuals, els ramals de desguàs dels aparells sanitaris s'han d'unir a un tub de derivació, que desemboqui en el *baixant* o, si això no és possible, en el canó de desguàs del vàter, i que tingui la capçalera registrable amb tap roscat;
  - j) excepte en instal·lacions temporals, s'han d'evitar en aquestes xarxes els desguassos bombats.

### 3.3.1.3 Baixants i canalons

- 1 Els *baixants* s'han de realitzar sense desviacions ni reculades i amb un diàmetre uniforme en tota la seva altura, excepte en el cas de *baixants* de *residuals*, quan hi hagi obstacles insalvables en el seu recorregut i quan la presència de vàters exigeixi un diàmetre concret des dels trams superiors que no és superat a la resta del *baixant*.
- 2 El diàmetre no ha de disminuir en el sentit del corrent.
- 3 Es pot disposar un augment de diàmetre quan derivin al *baixant* cabals de magnitud molt més gran que els del tram situat aigües amunt.

### 3.3.1.4 Col·lectors

- 1 Els *col·lectors* es poden disposar penjats o enterrats.

#### 3.3.1.4.1 Col·lectors penjats

- 1 Els *baixants* s'han de connectar mitjançant peces especials, segons les especificacions tècniques del material. No es pot portar a terme aquesta connexió mitjançant simples colzes, ni en cas que aquests siguin reforçats.
- 2 La connexió d'un *baixant d'aigües pluvials* al *col·lector* en els *sistemes mixtos* s'ha de disposar separada almenys 3 m de la connexió del *baixant* més pròxim d'*aigües residuals* situat aigües amunt.
- 3 Han de tenir un pendent de l'1% com a mínim.
- 4 No han de derivar en un mateix punt més de dos *col·lectors*.
- 5 En els trams rectes, en cada connexió o acoblament tant en horitzontal com en vertical, així com en les derivacions, s'han de disposar registres constituïts per peces especials, segons el material del qual es tracti, de tal manera que els trams entre aquests no superin els 15 m.

#### 3.3.1.4.2 Col·lectors enterrats

- 1 Els tubs s'han de disposar en rases de dimensions adequades, tal com s'estableix en l'apartat 5.4.3, situats per sota de la xarxa de distribució d'aigua potable.
- 2 Han de tenir un pendent del 2% com a mínim.
- 3 La connexió de servei dels *baixants* i els canons de desguàs a aquesta xarxa s'ha de fer amb interposició d'una arqueta de peu de baixant, que no ha de ser sifònica.
- 4 S'han de disposar registres de tal manera que els trams entre els contigus no superin 15 m.

#### 3.3.1.5 Elements de connexió

- 1 En xarxes enterrades la unió entre les xarxes vertical i horitzontal, i en aquesta, entre les seves unions i derivacions, s'ha de fer amb arquetes disposades sobre ciment de formigó, amb tapa practicable. Només pot entroncar un *col·lector* per cada cara de l'arqueta, de tal manera que l'angle format pel col·lector i la sortida sigui més gran que 90°.
- 2 Han de tenir les característiques següents:
  - a) l'arqueta a peu de baixant s'ha d'utilitzar per a registre al peu dels baixants quan la conducció a partir d'aquest punt hagi de quedar enterrada; no ha de ser de tipus sifònic;
  - b) en les arquetes de pas han de derivar com a màxim tres *col·lectors*;
  - c) les arquetes de registre han de disposar de tapa accessible i practicable;
  - d) l'arqueta d'extradós s'ha de disposar en cas d'arribada al *pou general* de l'edifici de més d'un *col·lector*;
  - e) el separador de greixos s'ha de disposar quan es prevegi que les *aigües residuals* de l'edifici puguin transportar una quantitat excessiva de greix (en locals com ara restaurants, garatges, etc.), o de líquids combustibles que podrien dificultar el bon funcionament dels sistemes de depuració, o crear un risc en el sistema de bombament i elevació.

Es pot utilitzar com a arqueta sifònica. Ha d'estar proveïda d'una obertura de ventilació, pròxima al costat de descàrrega, i d'una tapa de registre totalment accessible per a les preceptives neteges periòdiques. Pot tenir més d'un envà separador. Si algun aparell descarrega de forma directa en el separador, ha d'estar proveït del *tancament hidràulic* corresponent. S'ha de disposar preferiblement al final de la xarxa horitzontal, previ al pou de ressalt i a la *connexió de servei*.

Llevat de casos justificats, al separador de greixos només han de desembocar les aigües afectades de manera directa pels residus esmentats (greixos, olis, etc.).
- 3 Al final de la instal·lació i abans de la *connexió de servei* s'ha de disposar el *pou general* de l'edifici.
- 4 Quan la diferència entre la cota de l'extrem final de la instal·lació i la del punt de *connexió de servei* sigui més gran que 1 m, s'ha de disposar un pou de ressalt com a element de connexió de la xarxa interior d'evacuació i de la xarxa exterior de clavegueram o els sistemes de depuració.
- 5 Els registres per a neteja de *col·lectors* s'han de situar en cada unió i canvi de direcció i intercalats en trams rectes.

### 3.3.2 Elements especials

#### 3.3.2.1 Sistema de bombament i elevació

- 1 Quan la xarxa interior o part d'aquesta s'hagi de disposar per sota de la cota del punt de *connexió de servei* s'ha de preveure un sistema de bombament i elevació. A aquest sistema de bombament no hi han d'abocar *aigües pluvials*, excepte per imperatius de disseny de l'edifici, tal com passa amb les aigües que es recullen en patis interiors o rampes d'accés a garatges aparcament, que queden a un nivell inferior a la cota de sortida per gravetat. Tampoc han d'abocar a aquest sistema les *aigües residuals* procedents de les parts de l'edifici que es trobin en un nivell superior al del punt de *connexió de servei*.
- 2 Les bombes han de disposar d'una protecció adequada contra les matèries sòlides en suspensió. Se n'han d'instal·lar almenys dues, amb la finalitat de garantir el servei de manera permanent en casos d'avaria, reparacions o substitucions. Si hi ha un grup electrogen a l'edifici, les bombes s'hi han de connectar, o en cas contrari se n'ha de disposar un per a ús exclusiu o una bateria adequada per a una autonomia de funcionament d'almenys 24 h.

## Document bàsic HS Salubritat

- 3 Els sistemes de bombament i elevació s'han d'allotjar en pous de bombament disposats en llocs de fàcil accés per al seu registre i manteniment.
- 4 En aquests pous no han d'entrar aigües que continguin greixos, olis, gasolines o qualsevol líquid inflamable.
- 5 Han d'estar dotats d'una canonada de ventilació capaç de descarregar adequadament l'aire del dipòsit de recepció.
- 6 El subministrament elèctric a aquests equips ha de proporcionar un nivell adequat de seguretat i continuïtat de servei, i ha de ser compatible amb les característiques dels equips (freqüència, tensió d'alimentació, intensitat màxima admissible de les línies, etc.).
- 7 Quan la continuïtat del servei ho faci necessari (per evitar, per exemple, inundacions, contaminació per abocaments no depurats o impossibilitat d'ús de la xarxa d'evacuació), s'ha de disposar un sistema de subministrament elèctric autònom complementari.
- 8 En la seva connexió amb el sistema exterior de clavegueram s'ha de disposar un bucle antireflux de les aigües per damunt del nivell de sortida del sistema general de desguàs.

### 3.3.2.2 Vàlvules antiretorn de seguretat

- 1 S'han d'instal·lar vàlvules antiretorn de seguretat per prevenir les possibles inundacions quan la xarxa exterior de clavegueram se sobrecarregui, particularment en *sistemes mixtos* (doble clapeta amb tancament manual), disposades en llocs de fàcil accés per al seu registre i manteniment.

### 3.3.3 Subsistemes de ventilació de les instal·lacions

- 1 S'han de disposar subsistemes de ventilació tant en les xarxes d'aigües residuals com en les pluvials. S'han d'utilitzar subsistemes de ventilació primària, ventilació secundària, ventilació terciària i ventilació amb vàlvules d'aireig-ventilació.

#### 3.3.3.1 Subsistema de ventilació primària

- 1 Es considera suficient com a únic sistema de ventilació en edificis amb menys de 7 plantes, o amb menys d'11 si el *baixant* està sobredimensionat, i els ramals de desguassos tenen menys de 5 m.
- 2 Els *baixants d'aigües residuals* s'han de prolongar almenys 1,30 m per damunt de la coberta de l'edifici, si aquesta no és transitable. Si ho és, la prolongació ha de ser d'almenys 2,00 m sobre el paviment d'aquesta.
- 3 La sortida de la *ventilació primària* no ha d'estar situada a menys de 6 m de qualsevol presa d'aire exterior per a climatització o ventilació i l'ha de sobrepassar en altura.
- 4 Quan hi hagi buits de recintes habitables a menys de 6 m de la sortida de la *ventilació primària*, aquesta s'ha de situar almenys 50 cm per damunt de la cota màxima dels buits esmentats.
- 5 La sortida de la ventilació ha d'estar convenientment protegida de l'entrada de cossos estranys i el seu disseny ha de permetre que l'acció del vent afavoreixi l'expulsió dels gasos.
- 6 No es poden disposar terminacions de columna sota marquesines o terrasses.

#### 3.3.3.2 Subsistema de ventilació secundària

- 1 Als edificis no inclosos en el punt 1 de l'apartat anterior s'ha de disposar un sistema de *ventilació secundària* amb connexions en plantes alternes al *baixant* si l'edifici té menys de 15 plantes, o en cada planta si té 15 plantes o més.
- 2 Les connexions s'han de realitzar per damunt de la connexió de servei dels aparells sanitaris.
- 3 En la seva part superior la connexió s'ha de fer almenys 1 m per damunt de l'últim aparell sanitari existent, i igualment en la seva part inferior s'ha de connectar amb el *col·lector* de la xarxa horitzontal, en la seva generatriu superior i en el punt més pròxim possible, a una distància com a màxim 10 vegades el diàmetre d'aquest. Si això no és possible, la connexió inferior s'ha de realitzar per sota de l'últim ramal.
- 4 La columna de ventilació s'ha d'acabar connectant al *baixant*, una vegada excedida l'altura esmentada, o prolongar per damunt de la coberta de l'edifici almenys fins a la mateixa altura que el *baixant*.
- 5 Si hi ha una desviació del *baixant* de més de 45°, s'ha de considerar com a tram horitzontal i cada tram d'aquest *baixant* s'ha de ventilar de manera independent.

### 3.3.3.3 Subsistema de ventilació terciària

- 1 S'ha de disposar *ventilació terciària* quan la longitud dels ramals de desguàs sigui superior a 5 m, o si l'edifici té més de 14 plantes. El sistema ha de connectar els *tancaments hidràulics* amb la columna de *ventilació secundària* en sentit ascendent.
- 2 S'ha de connectar a una distància del *tancament hidràulic* compresa entre 2 i 20 vegades el diàmetre de la canonada de desguàs de l'aparell.
- 3 L'obertura de ventilació no ha d'estar per sota de la corona del sífó. La presa ha d'estar per damunt de l'eix vertical de la secció transversal, pujant verticalment amb un angle no més gran que 45° respecte de la vertical.
- 4 Han de tenir un pendent de l'1% com a mínim cap a la canonada de desguàs per recollir la condensació que es formi.
- 5 Els trams horitzontals han d'estar almenys 20 cm per damunt del sobreeixidor de l'aparell sanitari el sífó del qual ventila.

### 3.3.3.4 Subsistema de ventilació amb vàlvules d'aireig

1. S'ha d'utilitzar quan per criteris de disseny es decideixi combinar els elements dels altres sistemes de ventilació amb la finalitat de no sortir al de la coberta i estalviar l'espai ocupat pels elements del sistema de *ventilació secundària*. S'ha d'instal·lar una única vàlvula en edificis de 5 plantes o menys i una cada 4 plantes en els de més altura. En ramals de certa entitat és recomanable instal·lar vàlvules secundàries, i es poden utilitzar sifons individuals combinats.

## 4 Dimensionament

- 1 S'ha d'aplicar un procediment de dimensionament per a un *sistema separatiu*, és a dir, s'ha de dimensionar la xarxa d'*aigües residuals* d'una banda i la xarxa d'*aigües pluvials* de l'altra, de manera separada i independent, i, posteriorment, mitjançant les oportunes conversions, dimensionar un *sistema mixt*.
- 2 S'ha d'utilitzar el mètode d'adjudicació del nombre d'unitats de desguàs (UD) en cada aparell sanitari en funció de si l'ús és públic o privat.

### 4.1 Dimensionament de la xarxa d'evacuació d'*aigües residuals*

#### 4.1.1 Xarxa de petita evacuació d'*aigües residuals*

##### 4.1.1.1 Derivacions individuals

- 1 L'adjudicació d'UD a cada tipus d'aparell i els diàmetres mínims dels sifons i les derivacions individuals corresponents s'estableixen en la taula 4.1 en funció de l'ús.
- 2 Per als desguassos de tipus continu o semicontinu, com ara els dels equips de climatització, les safates de condensació, etc., s'ha de prendre 1 UD per a 0,03 dm<sup>3</sup>/s de cabal estimat.

## Document bàsic HS Salubritat

Taula 4.1 UD corresponents als diferents aparells sanitaris

Tipus d'aparell sanitari	Unitats de desguàs UD		Diàmetre mínim sífó i derivació individual (mm)	
	Ús privat	Ús públic	Ús privat	Ús públic
Lavabo	1	2	32	40
Bidet	2	3	32	40
Dutxa	2	3	40	50
Banyera (amb dutxa o sense)	3	4	40	50
Vàter	Amb cisterna	4	5	100
	Amb fluxòmetre	8	10	100
Urinari	Pedestal	-	4	50
	Suspès	-	2	40
	En bateria	-	3.5	-
Aigüera	De cuina	3	6	40
	De laboratori, restaurant, etc.	-	2	40
Safareig	3	-	40	-
Desguàs	-	8	-	100
Font per beure	-	0.5	-	25
Embornal sífonic	1	3	40	50
Rentavaixelles	3	6	40	50
Rentadora	3	6	40	50
Cambra de bany (lavabo, vàter, banyera i bidet)	Vàter amb cisterna	7	-	100
	Vàter amb fluxòmetre	8	-	100
Lavabo (lavabo, vàter i dutxa)	Vàter amb cisterna	6	-	100
	Vàter amb fluxòmetre	8	-	100

- Els diàmetres indicats en la taula 4.1 es consideren vàlids per a ramals individuals la longitud dels quals sigui igual a 1,5 m. Per a ramals més grans s'ha d'efectuar un càlcul detallat, en funció de la longitud, el pendent i el cabal a evacuar.
- El diàmetre de les conduccions no ha de ser menor que el dels trams situats aigües amunt.
- Per al càlcul de les UD d'aparells sanitaris o equips que no estiguin inclosos en la taula 4.1, es poden utilitzar els valors que s'indiquen en la taula 4.2 en funció del diàmetre del tub de desguàs:

Taula 4.2 UD d'altres aparells sanitaris i equips

Diàmetre del desguàs (mm)	Unitats de desguàs UD
32	1
40	2
50	3
60	4
80	5
100	6

## 4.1.1.2 Pots sífònics o sífons individuals

- Els sífons individuals han de tenir el mateix diàmetre que la vàlvula de desguàs connectada.
- Els pots sífònics han de tenir el nombre i mida d'entrades adequat i una altura suficient per evitar que la descàrrega d'un aparell sanitari alt surti per un altre de menor altura.

## 4.1.1.3 Ramals col·lectors

- En la taula 4.3 s'obté el diàmetre dels ramals col·lectors entre aparells sanitaris i el *baixant* segons el nombre màxim d'unitats de desguàs i el pendent del ramal col·lector.

Taula 4.3 Diàmetres de ramals col·lectors entre aparells sanitaris i baixant

Màxim nombre d'UD			Diàmetre (mm)
1%	Pendent		
	2%	4%	
-	1	1	32
-	2	3	40
-	6	8	50
-	11	14	63
-	21	28	75
47	60	75	90
123	151	181	110
180	234	280	125
438	582	800	160
870	1.150	1.680	200

#### 4.1.2 Baixants d'aigües residuals

- 1 El dimensionament dels *baixants* s'ha de realitzar de manera que no s'excedeixi el límit de  $\pm 250$  Pa de variació de pressió i per a un cabal determinat, de manera que la superfície ocupada per l'aigua no sigui més gran que 1/3 de la secció transversal de la canonada.
- 2 El diàmetre dels *baixants* s'obté en la taula 4.4 com el més gran dels valors obtinguts considerant el màxim nombre d'UD en el *baixant* i el màxim nombre d'UD en cada ramal en funció del nombre de plantes.

**Taula 4.4 Diàmetre dels *baixants* segons el nombre d'altures de l'edifici i el nombre d'UD**

Màxim nombre d'UD, per a una altura de <i>baixant</i> de:		Màxim nombre d'UD, en cada ramal per a una altura de <i>baixant</i> de:		Diàmetre (mm)
Fins a 3 plantes	Més de 3 plantes	Fins a 3 plantes	Més de 3 plantes	
10	25	6	6	50
19	38	11	9	63
27	53	21	13	75
135	280	70	53	90
360	740	181	134	110
540	1.100	280	200	125
1.208	2.240	1.120	400	160
2.200	3.600	1.680	600	200
3.800	5.600	2.500	1.000	250
6.000	9.240	4.320	1.650	315

- 3 Les desviacions respecte a la vertical es dimensionen amb el criteri següent:
  - a) Si la desviació forma un angle amb la vertical menor que  $45^\circ$ , no es requereix cap canvi de secció.
  - b) Si la desviació forma un angle més gran que  $45^\circ$ , es procedeix de la manera següent:
    - i) el tram del *baixant* situat per damunt de la desviació es dimensiona com s'ha especificat de manera general;
    - ii) el tram de la desviació es dimensiona com un *col·lector* horitzontal, aplicant-hi un pendent del 4% i considerant que no ha de ser menor que el tram anterior;
    - iii) per al tram situat per sota de la desviació s'ha d'adoptar un diàmetre igual o superior al de la desviació.

#### 4.1.3 Col·lectors horitzontals d'aigües residuals

- 1 Els *col·lectors* horitzontals es dimensionen per funcionar a mitja secció, fins a un màxim de tres quarts de secció, sota condicions de flux uniforme.
- 2 El diàmetre dels *col·lectors* horitzontals s'obté en la taula 4.5 en funció del màxim nombre d'UD i del pendent.

**Taula 4.5 Diàmetre dels col·lectors horitzontals en funció del nombre màxim d'UD i el pendent adoptat**

	Màxim nombre d'UD			Diàmetre (mm)
	Pendent			
	1%	2%	4%	
-	20	25	25	50
-	24	29	29	63
-	38	57	57	75
96	130	160	160	90
264	321	382	382	110
390	480	580	580	125
880	1.056	1.300	1.300	160
1.600	1.920	2.300	2.300	200
2.900	3.500	4.200	4.200	250
5.710	6.920	8.290	8.290	315
8.300	10.000	12.000	12.000	350

## 4.2 Dimensionament de la xarxa d'evacuació d'aigües pluvials

### 4.2.1 Xarxa de petita evacuació d'aigües pluvials

- 1 L'àrea de la superfície de pas de l'element filtrant d'una caldereta ha d'estar compresa entre 1,5 i 2 vegades la secció recta de la canonada a la qual es connecta.
- 2 El nombre mínim d'embornals que s'han de disposar és l'indicat en la taula 4.6, en funció de la superfície projectada horitzontalment de la coberta a la qual serveixen.

**Taula 4.6 Nombre d'embornals en funció de la superfície de coberta**

Superfície de coberta en projecció horitzontal (m <sup>2</sup> )	Nombre d'embornals
S < 100	2
100 ≤ S < 200	3
200 ≤ S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m <sup>2</sup>

- 3 El nombre de punts de recollida ha de ser suficient perquè no hi hagi desnivells superiors a 150 mm i pendent màxims del 0,5%, i per evitar una sobrecàrrega excessiva de la coberta.
- 4 Quan per raons de disseny no s'instal·lin aquests punts de recollida s'ha de preveure d'alguna manera l'evacuació de les aigües de precipitació, com per exemple col·locant sobreexidors.

### 4.2.2 Canalons

- 1 El *diàmetre nominal* del canaló d'evacuació d'aigües pluvials de secció semicircular per a una intensitat pluviomètrica de 100 mm/h s'obté en la taula 4.7 en funció del seu pendent i de la superfície a la qual serveix.

**Taula 4.7 Diàmetre del canaló per a un règim pluviomètric de 100 mm/h**

Màxima superfície de coberta en projecció horitzontal (m <sup>2</sup> )					Diàmetre nominal del canaló (mm)
Pendent del canaló					
0.5%	1%	2%	4%		
35	45	65	95	100	
60	80	115	165	125	
90	125	175	255	150	
185	260	370	520	200	
335	475	670	930	250	

- 2 Per a un règim amb intensitat pluviomètrica diferent de 100 mm/h (vegeu l'annex B), s'ha d'aplicar un factor f de correcció a la superfície servida de manera que:  
 $f = i / 100$  (4.1)  
 on:  
 i és la intensitat pluviomètrica que es vol considerar.
- 3 Si la secció adoptada per al canaló no és semicircular, la secció quadrangular equivalent ha de ser un 10% superior a l'obtinguda com a secció semicircular.

### 4.2.3 Baixants d'aigües pluvials

- 1 El diàmetre corresponent a la superfície, en projecció horitzontal, servida per cada *baixant* d'aigües pluvials s'obté en la taula 4.8:

**Taula 4.8 Diàmetre dels baixants d'aigües pluvials per a un règim pluviomètric de 100 mm/h**

Superfície en projecció horitzontal servida (m <sup>2</sup> )	Diàmetre nominal del baixant (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

## Document bàsic HS Salubritat

- 2 Anàlogament al cas dels canalons, per a intensitats diferents de 100 mm/h, s'ha d'aplicar el factor f corresponent.

#### 4.2.4 Col·lectors d'aigües pluvials

- 1 Els col·lectors d'aigües pluvials es calculen a secció plena en règim permanent.
- 2 El diàmetre dels col·lectors d'aigües pluvials s'obté en la taula 4.9, en funció del seu pendent i de la superfície a la qual serveix.

Taula 4.9 Diàmetre dels col·lectors d'aigües pluvials per a un règim pluviomètric de 100 mm/h

Superfície projectada (m <sup>2</sup> )			Diàmetre nominal del col·lector (mm)
Pendent del col·lector			
1%	2%	4%	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

#### 4.3 Dimensionament dels col·lectors de tipus mixt

- 1 Per dimensionar els col·lectors de tipus mixt s'han de transformar les unitats de desguàs corresponents a les aigües residuals en superfícies equivalents de recollida d'aigües, i sumar-se a les corresponents a les aigües pluvials. El diàmetre dels col·lectors s'obté en la taula 4.9 en funció del seu pendent i de la superfície així obtinguda.
- 2 La transformació de les UD en superfície equivalent per a un règim pluviomètric de 100 mm/h s'efectua amb el criteri següent:
  - a) per a un nombre d'UD menor o igual que 250 la superfície equivalent és de 90 m<sup>2</sup>;
  - b) per a un nombre d'UD més gran que 250 la superfície equivalent és de 0,36 x nre. UD m<sup>2</sup>.
- 3 Si el règim pluviomètric és diferent, s'han de multiplicar els valors de les superfícies equivalents pel factor f de correcció indicat en 4.2.2.

#### 4.4 Dimensionament de les xarxes de ventilació

##### 4.4.1 Ventilació primària

- 1 La ventilació primària ha de tenir el mateix diàmetre que el baixant del qual és prolongació, encara que s'hi connecti una columna de ventilació secundària.

##### 4.4.2 Ventilació secundària

- 1 Ha de tenir un diàmetre uniforme en tot el seu recorregut.
- 2 Quan hi hagi desviacions del baixant, la columna de ventilació corresponent al tram anterior a la desviació es dimensiona per a la càrrega del tram esmentat, i la corresponent al tram posterior a la desviació es dimensiona per a la càrrega de tot el baixant.
- 3 El diàmetre de la canonada d'unió entre el baixant i la columna de ventilació ha de ser igual al de la columna.
- 4 El diàmetre de la columna de ventilació ha de ser almenys igual a la meitat del diàmetre del baixant al qual serveix
- 5 Els diàmetres nominals de la columna de ventilació secundària s'obtenen de la taula 4.10 en funció del diàmetre del baixant, del nombre d'UD i de la longitud efectiva.



## Document bàsic HS Salubritat

Taula 4.10 Dimensionament de la columna de ventilació secundària

Diàmetre del baixant (mm)	UD	Màxima longitud efectiva (m)									
32	2	9									
40	8	15	45								
50	10	9	30								
	24	7	14	40							
63	19	13	38	100							
	40	10	32	90							
75	27	10	25	68	130						
	54	8	20	63	120						
90	65		14	30	93	175					
	153		12	26	58	145					
110	180			15	56	97	290				
	360			10	51	79	270				
	740			8	48	73	220				
125	300			6	45	65	100	300			
	540				42	57	85	250			
	1.100				40	47	70	210			
160	696					32	47	100	340		
	1.048					31	40	90	310		
	1.960					25	34	60	220		
200	1.000						28	37	202	380	
	1.400						25	30	185	360	
	2.200						19	22	157	330	
	3.600						18	20	150	250	
250	2.500						10	18	75	150	
	3.800							16	40	105	
	5.600							14	25	75	
315	4.450							7	8	15	
	6.508							6	7	12	
	9.046							5	6	10	
		32	40	50	63	65	80	100	125	150	200
		Diàmetre de la columna de ventilació secundària (mm)									

- 6 En el cas de connexions a la columna de ventilació en cada planta, els diàmetres d'aquesta s'obtenen en la taula 4.11 en funció del diàmetre del baixant:

Taula 4.11 Diàmetres de columnes de ventilació secundària amb unions en cada planta

Diàmetre del baixant (mm)	Diàmetre de la columna de ventilació (mm)
40	32
50	32
63	40
75	40
90	50
110	63
125	75
160	90
200	110
250	125
315	160

#### 4.4.3 Ventilació terciària

- 1 Els diàmetres de les ventilacions terciàries, juntament amb les seves longituds màximes, s'obtenen en la taula 4.12 en funció del diàmetre i del pendent del ramal de desguàs.

## Document bàsic HS Salubritat

Taula 4.12 Diàmetres i longituds màximes de la ventilació terciària

Diàmetre del ramal de desguàs (mm)	Pendent del ramal de desguàs (%)	Màxima longitud del ramal de ventilació (m)				
		32	40	50	65	80
32	2	>300				
40	2	>300	>300			
50	1	>300	>300	>300		
	2	>300	>300	>300		
65	1	300	>300	>300	>300	
	2	250	>300	>300	>300	
80	1	200	300	>300	>300	>300
	2	100	215	>300	>300	>300
100	1	40	110	300	>300	>300
	2	20	44	180	>300	>300
125	1		28	107	255	>300
	2		15	48	125	>300
150	1			37	96	>300
	2			18	47	>300
		<b>32</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>65</b>	<b>80</b>
		Diàmetre del ramal de ventilació (mm)				

## 4.5 Accessoris

- 1 En la taula 4.13 s'obtenen les dimensions mínimes necessàries (longitud L i amplada A mínimes) d'una arqueta en funció del diàmetre del *col·lector* de sortida d'aquesta.

Taula 4.13 Dimensions de les arquetes

L x A [cm]	Diàmetre del <i>col·lector</i> de sortida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
L x A [cm]	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90

## 4.6 Dimensionament dels sistemes de bombament i elevació

### 4.6.1 Dimensionament del dipòsit de recepció

- 1 El dimensionament del dipòsit es fa de manera que es limiti el nombre d'arrencades i parades de les bombes, considerant acceptable que aquestes siguin 12 vegades a l'hora, com a màxim.
- 2 La capacitat del dipòsit es calcula amb l'expressió:  

$$V_u = 0,3 Q_b \text{ (dm}^3\text{)} \quad (4.2)$$
on:  
 $Q_b$  és el cabal de la bomba (dm<sup>3</sup>/s)
- 3 Aquesta capacitat ha de ser més gran que la meitat de l'aportació mitjana diària d'*aigües residuals*.
- 4 El cabal d'entrada d'aire al dipòsit ha de ser igual al de les bombes.
- 5 El diàmetre de la canonada de ventilació ha de ser com a mínim igual a la meitat del de la connexió de servei i, almenys, de 80 mm.

### 4.6.2 Càlcul de les bombes d'elevació

- 1 El cabal de cada bomba ha de ser igual o més gran que el 125% del cabal d'aportació, i totes les bombes han de ser iguals.
- 2 La pressió manomètrica de la bomba s'ha d'obtenir com a resultat de sumar l'altura geomètrica entre el punt més alt al qual la bomba ha d'eleva les aigües i el nivell mínim d'aquestes en el dipòsit, i la pèrdua de pressió produïda al llarg de la canonada, calculada pels mètodes usals, des de la boca de la bomba fins al punt més elevat.
- 3 Des del punt de connexió amb el *col·lector* horitzontal, o des del punt d'elevació, la canonada s'ha de dimensionar com qualsevol altre *col·lector* horitzontal pels mètodes ja assenyalats.

## 5 Construcció

- 1 La instal·lació d'evacuació d'*aigües residuals* s'ha d'executar amb subjecció al projecte, a la legislació aplicable, a les normes de la bona construcció i a les instruccions del director d'obra i del director d'execució de l'obra.

### 5.1 Execució dels punts de captació

#### 5.1.1 Vàlvules de desguàs

- 1 El seu acoblament i interconnexió s'ha d'efectuar mitjançant juntes mecàniques amb femella i junta tòrica. Totes han d'anar dotades del tap i cadeneta corresponents, llevat que siguin automàtiques o amb dispositiu incorporat a les aixetes, i juntes d'estanquitat per al seu acoblament a l'aparell sanitari.
- 2 Les reixetes de totes les vàlvules han de ser de llautó cromat o d'acer inoxidable, excepte en aigüeres en les quals han de ser necessàriament d'acer inoxidable. La unió entre reixeta i vàlvula s'ha de fer mitjançant cargol d'acer inoxidable roscat sobre femella de llautó inserida al cos de la vàlvula.
- 3 En el muntatge de vàlvules no es permet manipular-les i queda prohibida la unió amb massillat. Quan el tub sigui de polipropilè, no es pot utilitzar líquid soldador.

#### 5.1.2 Sifons individuals i pots sifònics

- 1 Tant els sifons individuals com els pots sifònics han de ser accessibles en tots els casos i sempre des del mateix local on siguin instal·lats. Els *tancaments hidràulics* no poden quedar tapats o ocults per envans, forjats, etc., que en dificultin o impossibilitin l'accés i manteniment. Els pots sifònics encastats en forjats només es poden utilitzar en condicions ineludibles i justificades de disseny.
- 2 Els sifons individuals han de portar en el fons un dispositiu de registre amb tap roscat i s'han d'instal·lar al més a prop possible de la vàlvula de descàrrega de l'aparell sanitari o en el mateix aparell sanitari, per minimitzar la longitud de canonada bruta en contacte amb l'ambient.
- 3 La distància màxima, en sentit vertical, entre la vàlvula de desguàs i la corona del sifó ha de ser igual o inferior a 60 cm, per evitar la pèrdua del segell hidràulic.
- 4 Quan s'instal·lin sifons individuals, s'han de disposar en ordre de menys a més altura dels *tancaments hidràulics* respectius a partir de l'embocadura al *baixant* o al canó de desguàs del vàter, si és el cas, on han de desembocar els aparells restants aprofitant el màxim desnivell possible en el desguàs de cadascun d'aquests. Així, el més pròxim al *baixant* ha de ser la banyera, després el bidet i finalment el o els lavabos.
- 5 No es permet la instal·lació de sifons antisucció, ni qualsevol altre que pel seu disseny pugui permetre el buidat del segell hidràulic per sifonament.
- 6 No es poden connectar desguassos procedents de cap altre tipus d'aparell sanitari a pots sifònics que recullin desguassos d'urinaris.
- 7 Els pots sifònics han de quedar enrasats amb el paviment i ser registrables mitjançant tapa de tancament hermètic, estanca a l'aire i a l'aigua.
- 8 La connexió dels ramals de desguàs al pot sifònic s'ha de realitzar a una altura mínima de 20 mm i el tub de sortida com a mínim a 50 mm, de manera que formin un *tancament hidràulic*. La connexió del tub de sortida al *baixant* no es pot fer a un nivell inferior al de la boca del pot per evitar la pèrdua del segell hidràulic.
- 9 El diàmetre dels pots sifònics ha de ser com a mínim de 110 mm.
- 10 Els pots sifònics han de portar incorporada una vàlvula de retenció contra inundacions amb boia flotador i desmuntable per accedir a l'interior. Així mateix, han de disposar d'un tap de registre d'accés directe al tub d'evacuació per a embussos i obstruccions eventuals.
- 11 No es permet la connexió al sifó d'un altre aparell del desguàs d'electrodomèstics, aparells de bombament o aigüeres amb triturador.

### 5.1.3 Calderetes o cassoletes i embornals

- 1 La superfície de la boca de la caldereta ha de ser com a mínim un 50% més gran que la secció del *baixant* al qual serveix. Ha de tenir una profunditat mínima de 15 cm i un cavalcament també mínim de 5 cm sota el paviment. Han d'anar proveïdes de reixetes, planes en el cas de cobertes transitables i esfèriques en les no transitables.
- 2 Tant en els *baixants* mixtos com en els *baixants* de *pluvials*, la caldereta s'ha d'instal·lar en paral·lel amb el *baixant*, a fi de poder garantir el funcionament de la columna de ventilació.
- 3 Els embornals de recollida d'*aigües pluvials*, tant en cobertes com en terrasses i garatges, han de ser de tipus sifònic, capaços de suportar, de manera constant, càrregues de 100 kg/cm<sup>2</sup>. El segellament estanc entre l'impermeabilitzant i l'embornal s'ha de fer mitjançant estrenyiment mecànic tipus "brida" de la tapa de l'embornal sobre el cos d'aquest. Així mateix, l'impermeabilitzant s'ha de protegir amb una brida de material plàstic.
- 4 L'embornal, en el seu muntatge, ha de permetre absorbir diferències de gruixos de terra, de fins a 90 mm.
- 5 L'embornal sifònic s'ha de disposar a una distància del *baixant* inferior o igual a 5 m, i s'ha de garantir que en cap punt de la coberta se supera una altura de 15 cm de formigó de pendent. El seu diàmetre ha de ser superior a 1,5 vegades el diàmetre del *baixant* en el qual desguassa.

### 5.1.4 Canalons

- 1 Els canalons, en general i llevat de les especificacions següents, s'han de disposar amb un pendent mínim de 0,5%, amb un lleuger pendent cap a l'exterior.
- 2 Per a la construcció de canalons de zinc, s'han de soldar les peces en tot el seu perímetre; les abraçadores a les quals se subjecta la xapa s'han d'ajustar a la forma d'aquesta i han de ser de platina d'acer galvanitzat. S'han de col·locar aquests elements de subjecció a una distància màxima de 50 cm i cal que tot quedi ben endins, almenys 15 mm de la línia de teules del ràfec.
- 3 En canalons de plàstic, es pot establir un pendent mínim de 0,16%. En aquests canalons s'han d'unir els diferents perfils amb maneguet d'unió amb junta de goma. La separació màxima entre ganxos de subjecció no pot excedir 1 m, deixant espai per als *baixants* i unions, encara que en zones de neu aquesta distància s'ha de reduir a 0,70 m. Tots els seus accessoris han de portar una zona de dilatació d'almenys 10 mm.
- 4 La connexió de canalons al *col·lector* general de la xarxa vertical annexa, si s'escau, s'ha de fer a través d'embornal sifònic.

## 5.2 Execució de les xarxes de petita evacuació

- 1 Les xarxes han de ser estanques i no presentar exsudacions ni estar exposades a obstruccions.
- 2 S'han d'evitar els canvis bruscos de direcció i s'han d'utilitzar peces especials adequades. S'ha d'evitar l'enfrontament de dos ramals sobre una mateixa canonada col·lectiva.
- 3 S'han de subjectar mitjançant brides o ganxos disposats cada 700 mm per a tubs de diàmetre no superior a 50 mm i cada 500 mm per a diàmetres superiors. Quan la subjecció es realitzi en paraments verticals, aquests han de tenir un gruix mínim de 9 cm. Les abraçadores de penjar dels forjats han de portar folre interior elàstic i ser regulables per donar-los el pendent adequat.
- 4 En el cas de canonades encastades s'han d'aïllar per evitar corrosions, esclafaments o fuites. Igualment, no poden quedar subjectes a l'obra amb elements rígids com ara guixos o morters.
- 5 En el cas d'utilitzar canonades de gres, per l'agressivitat de les aigües, la subjecció no ha de ser rígida; s'ha d'evitar els morters i utilitzar en el seu lloc un cordó embreat i la resta amb reblliment d'asfalt.
- 6 Els passos a través de forjats, o de qualsevol element estructural, s'han de fer amb contratub de material adequat, amb una amplitud mínima de 10 mm, que s'ha d'acompanyar amb massilla asfàltica o material elàstic.
- 7 Quan el canó de desguàs del vàter sigui de plàstic, s'ha d'acoblar al desguàs de l'aparell per mitjà d'un sistema de junta de cautxú de segellament hermètic.

## 5.3 Execució de *baixants* i ventilacions

### 5.3.1 Execució dels *baixants*

- 1 Els *baixants* s'han d'executar de manera que quedin aplomats i fixats a l'obra, el gruix dels quals no ha de ser menor de 12 cm, amb elements d'unió mínims entre forjats. La fixació s'ha de fer amb una abraçadora de fixació a la zona de l'embocadura, perquè cada tram de tub sigui autoportant, i una abraçadora de guiatge a les zones intermèdies. La distància entre abraçadores ha de ser de 15 vegades el diàmetre, i es pot prendre la taula següent com a referència, per a tubs de 3 m:

Taula 5.1

Diàmetre del tub en mm	40	50	63	75	110	125	160
Distància en m	0,4	0,8	1,0	1,1	1,5	1,5	1,5

- 2 Les unions dels tubs i peces especials dels *baixants* de PVC s'han de segellar amb coles sintètiques impermeables de gran adherència i s'ha de deixar una amplitud a la copa de 5 mm, encara que també es pot realitzar la unió mitjançant junta elàstica.
- 3 Als *baixants* de polipropilè, la unió entre canonada i accessoris s'ha de portar a terme per soldadura en un dels seus extrems i junta lliscant (anell adaptador) per l'altre; s'ha de muntar la canonada a mitja carrera de la copa, a fi de poder absorbir les dilatacions o contraccions que es produeixin.
- 4 Per als tubs i peces de gres s'han de realitzar juntes a endoll i cordó. S'ha d'envoltar el cordó amb corda embreada o un altre tipus d'empaquetatge similar. Aquest extrem s'ha d'incloure a la copa o endoll, fixant la posició deguda i prement aquest empaquetatge de manera que ocupi la quarta part de l'altura total de la copa. L'espai restant s'ha d'omplir amb morter de ciment i sorra de riu en la proporció 1:1. S'ha de compactar aquest morter contra la peça del cordó, en forma de bisell.
- 5 Per als *baixants* de fosa, les juntes s'han de realitzar a endoll i cordó i s'ha d'omplir l'espai lliure entre copa i cordó amb un empaquetatge fins que deixi una profunditat lliure de 25 mm. Així mateix, es poden realitzar juntes per brides, tant en canonades normals com en peces especials.
- 6 Els *baixants*, en qualsevol cas, s'han de mantenir separats dels paraments per, d'una banda, poder efectuar futures reparacions o acabats, i, d'altra banda, no afectar aquests per les possibles condensacions a la seva cara exterior.
- 7 Als *baixants* que transcorren vistos, sigui quin sigui el seu material de constitució, se'ls pressuposa un cert risc d'impacte i se'ls ha de dotar de la protecció adequada que permeti evitar-ho en la mesura que es pugui.
- 8 En edificis de més de 10 plantes, s'ha d'interrompre la verticalitat del *baixant*, amb la finalitat de disminuir el possible impacte de caiguda. La desviació s'ha de preveure amb peces especials o escuts de protecció del *baixant*, i l'angle de la desviació amb la vertical ha de ser superior a 60° a fi d'evitar possibles embussos. El reforçament s'ha de fer amb elements de polièster aplicats in situ.

### 5.3.2 Execució de les xarxes de ventilació

- 1 Les ventilacions primàries han d'anar proveïdes de l'accessori estàndard corresponent que garanteixi l'estanquitat permanent de l'acabament entre impermeabilitzant i canonada.
- 2 En els *baixants* mixtos o *residuals*, que estiguin dotats de columna de ventilació paral·lela, aquesta s'ha de muntar al més pròxima possible al *baixant*; per a la seva interconnexió s'han d'utilitzar accessoris estàndard del mateix material del *baixant*, que garanteixin l'absorció de les diferents dilatacions que es produeixin en les dues conduccions, *baixant* i ventilació. La interconnexió esmentada s'ha de realitzar, en qualsevol cas, en el sentit invers al del flux de les aigües, a fi d'impedir que aquestes penetrin en la columna de ventilació.
- 3 Els passos a través de forjats s'han de fer en idèntiques condicions que per als *baixants*, segons el material de què es tracti. Igualment, la columna de ventilació esmentada ha de quedar fixada a un mur d'un gruix no menor de 9 cm, mitjançant abraçadores, almenys 2 per tub i amb distàncies màximes de 150 cm.
- 4 La *ventilació terciària* s'ha de connectar a una distància del *tancament hidràulic* entre 2 i 20 vegades el diàmetre de la canonada. S'ha de realitzar en sentit ascendent o, en tot cas, horitzontal per una de les parets del local humit.

- 5 Les vàlvules d'aireig s'han de muntar entre l'últim i el penúltim aparell, i per damunt, d'1 a 2 m, del nivell del flux dels aparells. S'han de col·locar en un lloc ventilat i accessible. La unió pot ser per pressió amb junta de cautxú o segellada amb silicona.

## 5.4 Execució de claveguerons i col·lectors

### 5.4.1 Execució de la xarxa horitzontal penjada

- 1 L'entroncament amb el *baixant* s'ha de mantenir lliure de connexions de desguàs a una distància igual o més gran que 1 m als dos costats.
- 2 S'ha de situar un tap de registre en cada entroncament i en trams rectes cada 15 m, que s'han d'instal·lar a la meitat superior de la canonada.
- 3 En els canvis de direcció s'han de situar colzes de 45°, amb registre roscat.
- 4 La separació entre abraçadores depèn de la fletxa màxima admissible pel tipus de tub, en què:
  - a) en tubs de PVC i per a tots els diàmetres és de 0,3 cm;
  - b) en tubs de fosa, i per a tots els diàmetres és de 0,3 cm.
- 5 Encara que s'ha de comprovar la fletxa màxima esmentada, s'han d'incloure abraçadores cada 1,50 m, per a tot tipus de tubs, i la xarxa ha de quedar separada de la cara inferior del forjat un mínim de 5 cm. Aquestes abraçadores, amb les quals s'han de subjectar al forjat, han de ser de ferro galvanitzat i disposar de folre interior elàstic, i han de ser regulables per donar-los el pendent desitjat. S'han de disposar sense estrènyer-les a les gorges de cada accessori, establint-se d'aquesta manera els punts fixos; els suports restants han de ser lliscants i han de suportar únicament la xarxa.
- 6 Quan la generatriu superior del tub quedi a més de 25 cm del forjat que la sustenta, tots els punts fixos d'ancoratge de la instal·lació s'han de realitzar mitjançant cadiretes o trapezis de fixació, per mitjà de tirants ancorats al forjat en els dos sentits (aigües amunt i aigües avall) de l'eix de la conducció, a fi d'evitar el desplaçament dels punts esmentats per vinclament del suport.
- 7 En tots els casos s'han d'instal·lar els absorbidors de dilatació necessaris. En canonades encolades s'han d'utilitzar maneguets de dilatació o unions mixtes (encolades amb juntes de goma) cada 10 m.
- 8 La canonada principal s'ha de prolongar 30 cm des de la primera presa per resoldre possibles obturacions.
- 9 Els passos a través d'elements de fàbrica s'han de fer amb contratub d'algun material adequat, amb les amplituds corresponents, segons el que s'ha indicat per als *baixants*.

### 5.4.2 Execució de la xarxa horitzontal enterrada

- 1 La unió del *baixant* a l'arqueta s'ha de fer mitjançant un maneguet lliscant sorrejat prèviament i rebut a l'arqueta. Aquest sorrejament ha de permetre ser rebut amb morter de ciment a l'arqueta, garantint d'aquesta manera una unió estanca.
- 2 Si la distància del *baixant* a l'arqueta de peu de baixant és llarga, s'ha de col·locar el tram de tub entre totes dues sobre un suport adequat que no limiti el moviment d'aquest, per impedir que funcioni com a mènsula.
- 3 Per a la unió dels diferents trams de tubs dins de les rases, s'ha de considerar la compatibilitat de materials i els seus tipus d'unio:
  - a) per a canonades de formigó, les unions s'han de fer mitjançant subjectadors de formigó en massa;
  - b) per a canonades de PVC, no s'admeten les unions fabricades mitjançant soldadura o goma d'enganxar de diversos elements, les unions entre tubs han de ser d'endoll o cordó amb junta de goma, o s'han d'enganxar mitjançant adhesius.
- 4 Quan hi hagi la possibilitat d'invasió de la xarxa per arrels de les plantacions immediates a aquesta, s'han de prendre les mesures adequades per impedir-ho, com ara disposar malles de geotèxtil.

### 5.4.3 Execució de les rases

- 1 Les rases s'han d'executar en funció de les característiques del terreny i dels materials de les canalitzacions a enterrar. Es consideren canonades més deformables que el terreny les de materials plàstics, i menys deformables que el terreny les de fosa, formigó i gres.

## Document bàsic HS Salubritat

- 2 Sens perjudici de l'estudi particular del terreny que pugui ser necessari, s'han de prendre, de manera general, les mesures següents.

**5.4.3.1 Rases per a canonades de materials plàstics**

- 1 Les rases han de ser de parets verticals; la seva amplada ha de ser el diàmetre del tub més 500 mm, i com a mínim de 0,60 m.
- 2 La seva profunditat ve definida en el projecte, sent en funció dels pendents adoptats. Si la canonada transcorre per sota la calçada, s'ha d'adoptar una profunditat mínima de 80 cm, des de la clau fins a la rasant del terreny.
- 3 Els tubs s'han de recolzar en tota la seva longitud sobre un llit de material granular (sorra/grava) o terra exempta de pedres d'un gruix mínim de 10 + diàmetre exterior/ 10 cm. S'han de compactar els laterals i deixar al descobert les unions fins a haver-se realitzat les proves d'estanquitat. El rebliment s'ha de realitzar per capes de 10 cm, compactant, fins a 30 cm del nivell superior en què s'ha de fer un últim abocament i la compactació final.
- 4 La base de la rasa, quan es tracti de terrenys poc consistents, ha de ser un llit de formigó en tota la seva longitud. El gruix d'aquest llit de formigó ha de ser de 15 cm i sobre aquest ha d'anar el llit descrit en el paràgraf anterior.

**5.4.3.2 Rases per a canonades de fosa, formigó i gres**

- 1 A més de les prescripcions donades per a les canonades de materials plàstics, s'han de complir les següents.
- 2 El llit de suport s'ha d'interrompre reservant uns nínxols a la zona on han d'anar situades les juntes d'unió.
- 3 Una vegada situada la canonada, s'han d'omplir els flancs per evitar que quedin buits i s'han de compactar els laterals fins al nivell del pla horitzontal que passa per l'eix del tub. S'ha d'utilitzar un rebliment que no contingui pedres o terrossos de més de 3 cm de diàmetre i de manera que el material pulverulent, diàmetre inferior a 0,1 mm, no superi el 12%. S'ha de prosseguir el rebliment dels laterals fins a 15 cm per damunt del nivell de la clau del tub i s'ha de compactar novament. La compactació de les capes successives s'ha de realitzar per capes no superiors a 30 cm i s'ha d'utilitzar material exempt de pedres, de diàmetre superior a 1 cm.

**5.4.4 Protecció de les canonades de fosa enterrades**

- 1 En general s'han de seguir les instruccions donades per a les altres canonades respecte al seu enterrament, amb les prescripcions corresponents a les proteccions a prendre relatives a les característiques dels terrenys particularment agressius.
- 2 Es defineixen com a terrenys particularment agressius els que presentin algunes de les característiques següents:
  - a) baixa resistivitat: valor inferior a 1.000  $\Omega$  x cm;
  - b) reacció àcida: pH < 6;
  - c) contingut en clorurs superior a 300 mg per kg de terra;
  - d) contingut en sulfats superior a 500 mg per kg de terra;
  - e) indicis de sulfurs;
  - f) feble valor del potencial redox: valor inferior a +100 mv.
- 3 En aquest cas, se'n pot evitar l'acció mitjançant l'aportació de terres químicament neutres o de reacció bàsica (per addició de calç), utilitzant tubs amb revestiments especials i proteccions exteriors mitjançant fundes de film de polietilè.
- 4 En aquest últim cas, s'ha d'utilitzar un tub de PE de 0,2 mm de gruix i de diàmetre superior al tub de fosa. Com a complement, s'ha d'utilitzar filferro d'acer amb recobriments plastificador i tires adhesives de film de PE d'uns 50 mm d'ample.
- 5 La protecció de la canonada s'ha de realitzar durant el seu muntatge, mitjançant un primer tub de PE que serveix de funda al tub de fosa i ha d'anar col·locat al llarg d'aquest deixant al descobert els seus extrems i un segon tub de 70 cm de longitud, aproximadament, que fa de funda de la unió.

## 5.4.5 Execució dels elements de connexió de les xarxes enterrades

### 5.4.5.1 Arquetes

- 1 Si són fabricades in situ poden ser construïdes amb fàbrica de maó massís de mig peu de gruix, arrebossada i brunyida interiorment, s'han de recolzar sobre una solera de formigó H-100 de 10 cm de gruix i cobrir amb una tapa de formigó prefabricat de 5 cm de gruix. El gruix de les realitzades amb formigó ha de ser de 10 cm. La tapa ha de ser hermètica amb junta de goma per evitar el pas d'olors i gasos.
- 2 Les arquetes embornal s'han de cobrir amb reixeta metàl·lica recolzada sobre angulars. Quan aquestes arquetes embornals tinguin dimensions considerables, com en el cas de rampes de garatges, la reixeta plana ha de ser desmuntable. El desguàs s'ha de realitzar per un dels seus laterals, amb un diàmetre mínim de 110 mm, i abocar en una arqueta sifònica o en un separador de greixos i fangs.
- 3 A les arquetes sifòniques, el conducte de sortida de les aigües ha d'anar proveït d'un colze de 90°, i el gruix de la làmina d'aigua ha de ser de 45 cm.
- 4 Els encontres de les parets laterals s'han de realitzar a mitja canya, per evitar el dipòsit de matèries sòlides a les cantonades. Igualment, s'han de conduir les aigües entre l'entrada i la sortida mitjançant mitges canyes realitzades sobre llit de formigó formant pendent.

### 5.4.5.2 Pous

- 1 Si són fabricats in situ, s'han de construir amb fàbrica de maó massís d'1 peu de gruix que ha d'estar arrebossada i brunyida interiorment. S'ha de recolzar sobre solera de formigó H-100 de 20 cm de gruix i cobrir amb una tapa hermètica de ferro fos. Els prefabricats tenen unes prestacions similars.

### 5.4.5.3 Separadors

- 1 Si són fabricats in situ, s'han de construir amb fàbrica de maó massís d'1 peu de gruix que ha d'estar arrebossada i brunyida interiorment. S'ha de recolzar sobre solera de formigó H-100 de 20 cm de gruix i cobrir amb una tapa hermètica de ferro fos, practicable.
- 2 En cas que el separador es construeixi en formigó, el gruix de les parets ha de ser com a mínim de 10 cm i la solera de 15 cm.
- 3 Quan s'exigeixi per les condicions d'evacuació s'ha d'utilitzar un separador amb dues etapes de tractament: en la primera s'ha de realitzar un pou separador de fang, on s'han de dipositar les matèries grosses; en la segona s'ha de fer un pou separador de greixos, i al fons d'aquest han de caure les matèries lleugeres.
- 4 En tot cas, han d'estar dotats d'una ventilació eficaç, que s'ha de realitzar amb tub de 100 mm, fins a la coberta de l'edifici.
- 5 El material de revestiment ha de ser inatacable i es pot realitzar mitjançant materials ceràmics o vidrats.
- 6 El conducte d'alimentació al separador ha de portar un sifó de tal manera que la seva generatriu inferior estigui a 5 cm sobre el nivell de l'aigua en el separador i la distància del primer envà interior al conducte d'arribada sigui de 10 cm. Aquests han de ser inamovibles i sobresortir 20 cm del nivell d'olis i tenir, com a mínim, 20 cm més d'altura mínima submergida. La seva separació entre si ha de ser, com a mínim, l'amplada total del separador de greixos. Els conductes d'evacuació han de ser de gres vidrat amb un pendent mínim del 3% per facilitar una ràpida evacuació a la xarxa general.

## 5.5 Execució dels sistemes d'elevació i bombament

### 5.5.1 Dipòsit de recepció

- 1 El dipòsit acumulador d'*aigües residuals* ha de ser de construcció estanca per evitar la sortida de mals olors i ha d'estar dotat d'una canonada de ventilació amb un diàmetre igual a la meitat del de la connexió de servei i, com a mínim, de 80 mm.
- 2 Ha de tenir, preferiblement, en planta una superfície de secció circular, per evitar l'acumulació de dipòsits sòlids.



- 3 Ha de quedar un mínim de 10 cm entre el nivell màxim de l'aigua en el dipòsit i la generatriu inferior de la canonada de connexió de servei, o de la part més baixa de les generatrius inferiors de les canonades de la connexió de servei, per evitar-ne la inundació i permetre la circulació de l'aire.
- 4 S'han de deixar almenys 20 cm entre el nivell mínim de l'aigua al dipòsit i el fons perquè la boca d'aspiració de la bomba sempre estigui submergida, encara que aquesta cota pot variar segons requisits específics del fabricant.
- 5 L'altura total ha de ser d'almenys 1 m, a la qual és necessari afegir la diferència de cota entre el nivell del terra i la generatriu inferior de la canonada, per obtenir la profunditat total del dipòsit.
- 6 Quan s'utilitzin bombes de tipus submergible, s'han d'allotjar en una fossa per reduir la quantitat d'aigua que queda per sota de la boca d'aspiració. El fons del tanc pot tenir la mateixa forma quan hi hagi dues cambres, una per rebre les aigües (fossa humida) i una altra per allotjar-hi les bombes (fossa seca).
- 7 El fons del tanc ha de tenir un pendent mínim del 25%.
- 8 El cabal d'entrada d'aire al tanc ha de ser igual al de la bomba.

### 5.5.2 Dispositius d'elevació i control

- 1 Les bombes han de tenir un disseny que garanteixi una protecció adequada contra les matèries sòlides en suspensió a l'aigua.
- 2 Per controlar la marxa i parada de la bomba s'han d'utilitzar interruptors de nivell, instal·lats als nivells alt i baix, respectivament. S'ha d'instal·lar, a més, un nivell d'alarma per damunt del nivell superior i un altre de seguretat per sota del nivell mínim.
- 3 Si les bombes són dues o més, s'ha de multiplicar proporcionalment el nombre d'interruptors. S'ha d'afegir, a més, un dispositiu per alternar el funcionament de les bombes amb la finalitat de mantenir-les en el mateix estat d'ús, amb un funcionament de les bombes seqüencial.
- 4 Quan hi hagi risc de flotació dels equips, aquests s'han de fixar al seu allotjament per evitar aquest risc. En cas d'existència de fossa seca, aquesta ha de tenir prou espai perquè hi hagi, almenys, 600 mm al voltant i per damunt de les parts o components que puguin necessitar manteniment. Igualment, s'ha de dotar d'un embornal d'almenys 100 mm de diàmetre, ventilació adequada i il·luminació mínima de 200 lux.
- 5 Totes les connexions de les canonades del sistema de bombament i elevació han d'estar dotades dels elements necessaris per a la no-transmissió de sorolls i vibracions. El dipòsit de recepció que contingui residus fecals no ha d'estar integrat a l'estructura de l'edifici.
- 6 A l'entrada de l'equip s'ha de disposar una clau de tall, així com a la sortida i després de la vàlvula de retenció. No es pot realitzar cap connexió a la canonada de descàrrega del sistema. No es pot connectar la canonada de descàrrega a un *baixant* de qualsevol tipus. La connexió amb el *col·lector* de desguàs s'ha de fer sempre per gravetat. A la canonada de descàrrega no s'han de col·locar vàlvules d'aireig.

## 5.6 Proves

### 5.6.1 Proves d'estanquitat parcial

- 1 S'han de realitzar proves d'estanquitat parcial descarregant cada aparell aïllat o simultàniament, verificant els temps de desguàs, els fenòmens de sifonament que es produeixen en el mateix aparell o en els altres connectats a la xarxa, sorolls en desguassos i canonades i comprovació de *tancaments hidràulics*.
- 2 No s'admet que quedi en el sífo d'un aparell una altura de *tancament hidràulic* inferior a 25 mm.
- 3 Les proves de buidat s'han de fer obrint les aixetes dels aparells, amb els cabals mínims considerats per a cadascun d'aquests i amb la vàlvula de desguàs així mateix oberta; no s'ha d'acumular aigua a l'aparell en el temps mínim d'1 minut.
- 4 A la xarxa horitzontal s'ha de provar cada tram de canonada, per garantir la seva estanquitat, introduint-hi aigua a pressió (entre 0,3 i 0,6 bar) durant deu minuts.
- 5 Les arquetes i pous de registre s'han de sotmetre a proves idèntiques omplint-los prèviament d'aigua i observant si s'adverteix o no un descens de nivell.
- 6 S'han de controlar al 100% les unions, entroncaments i/o derivacions.

### 5.6.2 Proves d'estanquitat total

- 1 Les proves s'han de fer sobre el sistema total, bé d'un sol cop o per parts, segons les prescripcions següents.

### 5.6.3 Prova amb aigua

- 1 La prova amb aigua s'ha d'efectuar sobre les xarxes d'evacuació d'*aigües residuals i pluvials*. Per a això, s'han de taponar tots els terminals de les canonades d'evacuació, excepte els de coberta, i s'ha d'omplir la xarxa amb aigua fins a sobreeixir.
- 2 La pressió a la qual ha d'estar sotmesa qualsevol part de la xarxa no ha de ser inferior a 0,3 bar, ni superar el màxim d'1 bar.
- 3 Si el sistema tingués una altura equivalent més alta d'1 bar, s'han d'efectuar les proves per fases, subdividint la xarxa en parts en sentit vertical.
- 4 Si es prova la xarxa per parts, s'ha de fer amb pressions entre 0,3 i 0,6 bar, suficients per detectar fuites.
- 5 Si la xarxa de ventilació està feta en el moment de la prova, s'ha de sotmetre al mateix règim que la resta de la xarxa d'evacuació.
- 6 La prova es dona per acabada només quan cap de les unions acusin pèrdua d'aigua.

### 5.6.4 Prova amb aire

- 1 La prova amb aire s'ha de realitzar de forma similar a la prova amb aigua, llevat que la pressió a la qual se sotmeti la xarxa estigui entre 0,5 i 1 bar com a màxim.
- 2 Aquesta prova es considera satisfactòria quan la pressió es mantingui constant durant tres minuts.

### 5.6.5 Prova amb fum

- 1 La prova amb fum s'ha d'efectuar sobre la xarxa d'*aigües residuals* i la seva corresponent xarxa de ventilació.
- 2 S'ha d'utilitzar un producte que produeixi un fum espès i que, a més, tingui una forta olor.
- 3 La introducció del producte s'ha de fer per mitjà de màquines o bombes i s'ha d'efectuar en la part baixa del sistema, des de diferents punts si és necessari, per inundar completament el sistema, després d'haver omplert amb aigua tots els *tancaments hidràulics*.
- 4 Quan el fum comenci a aparèixer pels terminals de coberta del sistema, aquests s'han de taponar per mantenir una pressió de gasos de 250 Pa.
- 5 El sistema ha de resistir durant el seu funcionament fluctuacions de  $\pm 250$  Pa, per a les quals ha estat dissenyat, sense pèrdua d'estanquitat en els *tancaments hidràulics*.
- 6 La prova es considera satisfactòria quan no es detecti presència de fum i olors a l'interior de l'edifici.

## 6 Productes de construcció

### 6.1 Característiques generals dels materials

- 1 De manera general, les característiques dels materials definits per a aquestes instal·lacions han de ser:
  - a) Resistència a la forta agressivitat de les aigües a evacuar.
  - b) Impermeabilitat total a líquids i gasos.
  - c) Resistència suficient a les càrregues externes.
  - d) Flexibilitat per poder absorbir-ne els moviments.
  - e) Llisor interior.
  - f) Resistència a l'abrasió.
  - g) Resistència a la corrosió.
  - h) Absorció de sorolls, produïts i transmesos.

## 6.2 Materials de les canalitzacions

- 1 D'acord amb el que ja s'ha establert, es consideren adequades per a les instal·lacions d'evacuació de residus les canalitzacions que tinguin les característiques específiques establertes en les normes següents:
  - a) Canonades de fosa segons normes UNE EN 545:2002, UNE EN 598:1996, UNE EN 877:2000.
  - b) Canonades de PVC segons normes UNE EN 1329-1:1999, UNE EN 1401-1:1998, UNE EN 1453-1:2000, UNE EN 1456-1:2002, UNE EN 1566-1:1999.
  - c) Canonades de polipropilè (PP) segons norma UNE EN 1852-1:1998.
  - d) Canonades de gres segons norma UNE EN 295-1:1999.
  - e) Canonades de formigó segons norma UNE 127010:1995 EX.

## 6.3 Materials dels punts de captació

### 6.3.1 Sifons

- 1 Han de ser llisos i d'un material resistent a les aigües evacuades, amb un gruix mínim de 3 mm.

### 6.3.2 Calderetes

- 1 Poden ser de qualsevol material que reuneixi les condicions d'estanquitat, resistència i perfecte acoblament als materials de coberta, terrassa o pati.

## 6.4 Condicions dels materials dels accessoris

- 1 Han de complir les condicions següents:
  - a) Qualsevol element metàl·lic o no que sigui necessari per a l'execució perfecta d'aquestes instal·lacions ha de reunir, pel que fa al material, les mateixes condicions exigides per a la canalització en què s'insereixi.
  - b) Les peces de fosa destinades a tapes, embornals, vàlvules, etc., han de complir les condicions exigides per a les canonades de fosa.
  - c) Les brides, gafes i altres elements destinats a la fixació de *baixants* han de ser de ferro metal·litzat o galvanitzat.
  - d) Quan es tracti de *baixants* de material plàstic s'ha d'intercalar, entre l'abraçadora i el *baixant*, un maneguet de plàstic.
  - e) Igualment han de complir aquestes prescripcions totes les ferramentes que s'utilitzin en l'execució, com ara esglaons de pous, femelles i brides de pressió en les tapes de registre, etc.

## 7 Manteniment i conservació

- 1 Per a un funcionament correcte de la instal·lació de sanejament, s'ha de comprovar periòdicament l'estanquitat general de la xarxa amb les seves possibles fuites, l'existència d'olors i el manteniment de la resta d'elements.
- 2 S'han de revisar i desembussar els sifons i vàlvules, cada vegada que es produeixi una disminució apreciable del cabal d'evacuació, o hi hagi obstruccions.
- 3 Cada 6 mesos s'han de netejar els embornals de locals humits i cobertes transitables, i els pots sifònics. Els embornals i calderetes de cobertes no transitables s'han de netejar, almenys, un cop l'any.
- 4 Un cop l'any s'han de revisar els *col·lectors* suspesos, s'han de netejar les arquetes embornal i la resta de possibles elements de la instal·lació com ara pous de registre, bombes d'elevació.
- 5 Cada 10 anys s'ha de procedir a la neteja d'arquetes de peu de baixant, de pas i sifòniques o abans si s'aprecien olors.
- 6 Cada 6 mesos s'ha de netejar el separador de greixos i fangs si aquest existeix.

---

**Document bàsic HS Salubritat**

---

- 7 S'ha de mantenir l'aigua permanentment als embornals, pots sifònics i sifons individuals per evitar pudors, així com netejar els de terrasses i cobertes.

## Apèndix A. Terminologia

**Aigües pluvials:** aigües procedents de precipitació natural, bàsicament sense contaminar.

**Aigües residuals:** les aigües residuals que procedeixen de la utilització dels aparells sanitaris comuns dels edificis.

**Altura de tancament hidràulic:** l'altura de la columna d'aigua que seria necessari evacuar d'un sífó completament ple abans que, amb la pressió atmosfèrica, els gasos i les olors poguessin sortir del sífó cap a l'exterior.

**Aparell sanitari:** dispositiu utilitzat per al subministrament local d'aigua per a ús sanitari als edificis, així com per a la seva evacuació.

**Aparells sanitaris domèstics:** elements pertanyents a l'equipament higiènic dels edificis que estan alimentats per aigua i són utilitzats per a la neteja o el rentat, com ara banyeres, dutxes, lavabos, bidets, vàters, urinaris, aigüeres, rentavaixelles i rentadores automàtiques.

**Aparells sanitaris industrials:** aparells sanitaris d'ús específic en cuines comercials, bugaderies, laboratoris, hospitals, etc.

**Baixants:** canalitzacions que condueixen verticalment les *aigües pluvials* des dels embornals sífònics a la coberta i els canalons i les *aigües residuals* des de les xarxes de petita evacuació i vàters fins a l'arqueta a peu de baixant o fins al *col·lector* suspès.

**Canonada de ventilació:** canonada destinada a limitar les fluctuacions de pressió a l'interior del sistema de canonades de descàrrega.

**Coefficient de rugositat "n":** és un coeficient adimensional que depèn de la rugositat, grau de brutícia i diàmetre de la canonada.

**Col·lector:** canalització que condueix les aigües des dels *baixants* fins a la xarxa de clavegueram públic.

**Connexió de servei:** conjunt de conduccions, accessoris i unions instal·lats fora dels límits de l'edifici, que enllacen la xarxa d'evacuació d'aquest a la xarxa general de sanejament o al sistema de depuració.

**Cota d'evacuació:** diferència d'altura entre el punt d'abocament més baix a l'edifici i el de connexió a la xarxa d'abocament. De vegades és necessària la col·locació d'un sistema de bombament per evacuar part de les *aigües residuals* generades a l'edifici.

**Diàmetre exterior:** diàmetre exterior mitjà de la canonada en qualsevol secció transversal.

**Diàmetre interior:** diàmetre interior mitjà de la canonada en qualsevol secció transversal.

**Diàmetre nominal:** designació numèrica de la dimensió que correspon al nombre arrodonit més aproximat al valor real del diàmetre, en mm.

**Flux en conduccions horitzontals:** depèn de la força de gravetat que és induïda pel pendent de la canonada i l'altura de l'aigua en aquesta. El flux uniforme s'assoleix quan l'aigua ha tingut temps suficient d'arribar a un estat en què el pendent de la seva superfície lliure és igual al de la canonada.

**Flux en conduccions verticals:** depèn essencialment del cabal, en funció al seu torn del diàmetre de la canonada i de la relació entre la superfície transversal de la làmina d'aigua i la superfície transversal de la canonada.

**Longitud efectiva:** d'una xarxa de ventilació, és igual a la longitud equivalent dividida per 1,5, per incloure sense detallar les pèrdues localitzades per elements singulars de la xarxa.

## Document bàsic HS Salubritat

**Longitud equivalent:** d'una xarxa de ventilació, depèn del diàmetre de la canonada, del seu coeficient de fricció i del cabal d'aire (en funció al seu torn del cabal d'aigua), i s'expressa:

$$L = 2,58 \times 10^{-7} \times (d^5 / (f \times q^2))$$

on:

d és el diàmetre de la canonada, en mm

f és el coeficient de fricció, adimensional

q és el cabal d'aire, en dm<sup>3</sup>/s

Per a una pressió de 250 Pa.

**Maneguet de dilatació:** accessori amb la funció d'absorbir les dilatacions i contraccions lineals de les conduccions provocades per canvis de temperatura.

**Maneguet intermedi:** accessori destinat a compensar les diferències de dimensió o de material en les unions entre canonades.

**Nivell d'ompliment:** relació entre l'altura de l'aigua i el diàmetre interior de la canonada.

**Període de retorn:** o freqüència de la pluja, és el nombre d'anys en què es considera que se supera una vegada com a mitjana la intensitat de pluja màxima adoptada.

**Pou general de l'edifici:** punt de connexió entre les xarxes privada i pública, amb el qual entronquen els *col·lectors* procedents de l'edifici i del qual surt la *connexió de servei* a la xarxa general.

**Radi hidràulic:** o profunditat hidràulica, és la relació entre la superfície transversal del flux i el perímetre mullat de la superfície de la canonada. Per a canonades de secció circular i amb flux a secció plena o a meitat de la secció, la profunditat hidràulica mitjana és igual a un quart del diàmetre de la conducció.

**Reflux:** flux de les aigües en direcció contrària a la prevista per a la seva evacuació.

**Salt hidràulic:** diferència entre el règim de velocitat en la canalització vertical i la canalització horitzontal, que comporta un considerable increment de la profunditat d'ompliment en la segona. Depèn de la velocitat d'entrada de l'aigua en el *col·lector* horitzontal, del pendent d'aquest, del seu diàmetre, del cabal existent i de la rugositat del material.

**Sifonament:** fenomen d'expulsió de l'aigua fora del segell hidràulic per efecte de les variacions de pressió en els sistemes d'evacuació i ventilació.

**Sistema de depuració:** instal·lació destinada a la realització d'un tractament de les *aigües residuals* previ al seu abocament.

**Sistema de desguàs:** és el format pels equips i components que recullen les aigües a evacuar i les condueixen a l'exterior dels edificis.

**Sistema d'elevació i bombament:** conjunt de dispositius per a la recollida i elevació automàtica de les aigües procedents d'una xarxa d'evacuació o de part d'aquesta, fins a la cota corresponent de sortida al clavegueram.

**Sistema mixt o semiseparatiu:** aquell en el qual les derivacions i els *baixants* són independents per a *aigües residuals* i *pluvials*, i les dues xarxes s'unifiquen en els *col·lectors*.

---

Document bàsic HS Salubritat

---

**Sistema separatiu:** aquell en el qual les derivacions, *baixants* i *col·lectors* són independents per a *aigües residuals* i *pluvials*.

**Tancament hidràulic:** o segell hidràulic, és un dispositiu que reté una determinada quantitat d'aigua que impedeix el pas d'aire fètid des de la xarxa d'evacuació als locals on estan instal·lats els aparells sanitaris, sense afectar el flux de l'aigua a través d'aquest.

**Unitat de desguàs:** és un cabal que correspon a  $0,47 \text{ dm}^3/\text{s}$  i representa el pes que un aparell sanitari té en l'avaluació dels diàmetres d'una xarxa d'evacuació.

**Vàlvula d'aireig:** vàlvula que permet l'entrada d'aire en el sistema però no la seva sortida, a fi de limitar les fluctuacions de pressió dins del sistema de desguàs.

**Vàlvula de retenció o antiretorn:** dispositiu que permet el pas del fluid en un sol sentit, impedit els retorns no desitjats.

**Ventilació primària:** subsistema que té com a funció l'evacuació de l'aire en el *baixant* per evitar sobrepressions i subpressions en aquest durant el seu funcionament i que consisteix en la prolongació del *baixant* per damunt de l'última planta fins a la coberta, de manera que quedi en contacte amb l'atmosfera exterior i per damunt dels recintes habitables.

**Ventilació secundària** o paral·lela o encreuada: subsistema que té com a funció evitar l'excés de pressió a la base del *baixant* permetent la sortida d'aire comprimit en aquest. Transcorre paral·lela al *baixant* i s'hi connecta.

**Ventilació terciària** o dels *tancaments hidràulics*: subsistema que té com a funció protegir els *tancaments hidràulics* contra el sifonament i l'autosifonament. Porta implícites la *ventilació primària* i *secundària*.

**Ventilació amb vàlvules d'aireig-ventilació:** subsistema que unifica els components dels sistemes de *ventilació primària*, *secundària* i *terciària*, sense necessitat de sortir a l'exterior, i es pot instal·lar en espais com ara falsos sostres i cambres. Es pot realitzar amb sifons combinats.

**Xarxa d'evacuació:** conjunt de conduccions, accessoris i unions utilitzats per recollir i evacuar les *aigües residuals* i *pluvials* d'un edifici.

**Xarxa de petita evacuació:** part de la xarxa d'evacuació que condueix els residus des dels *tancaments hidràulics*, excepte dels vàters, fins als *baixants*.

**Xarxa general de sanejament:** conjunt de conduccions, accessoris i unions utilitzats per recollir i evacuar les *aigües residuals* i *pluvials* dels edificis.

## Apèndix B. Obtenció de la intensitat pluviomètrica

- 1 La intensitat pluviomètrica i s'obté en la taula B.1 en funció de la isohieta y de la zona pluviomètrica corresponent a la localitat determinada mitjançant el mapa de la figura B.1

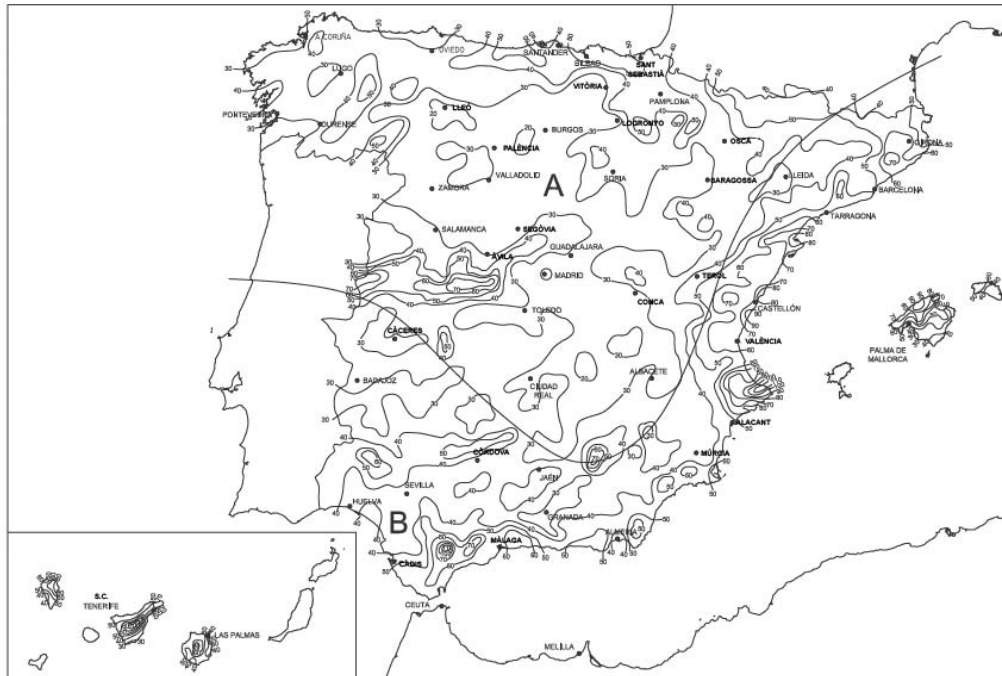


Figura B.1 Mapa d'isohietes i zones pluviomètriques

**Taula B.1**  
**Intensitat pluviomètrica i (mm/h)**

Isohieta	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
<b>Zona A</b>	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
<b>Zona B</b>	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265



## Apèndix C. Normes de referència

- UNE EN 295-1:1999** "Canonades de gres, accessoris i juntes per a sanejament. Part 1: Requisits".
- UNE EN 295-2:2000** "Canonades de gres, accessoris i juntes per a sanejament. Part 2: Control de qualitat i mostreig".
- UNE EN 295-4/AC:1998** "Canonades de gres, accessoris i juntes per a sanejament. Part 4: Requisits per a accessoris especials, adaptadors i accessoris compatibles".
- UNE EN 295-5/AI:1999** "Canonades de gres, accessoris i juntes per a sanejament. Part 4: Requisits per a canonades de gres perforades i els seus accessoris".
- UNE EN 295-6:1996** "Canonades de gres, accessoris i juntes per a sanejament. Part 4: Requisits per a pous de registre de gres".
- UNE EN 295-7:1996** "Canonades de gres, accessoris i juntes per a sanejament. Part 4: Requisits per a canonades de gres i juntes per a pilonatge".
- UNE EN 545:2002** "Tubs, ràcords i accessoris de fosa dúctil i les seves unions per a canalitzacions d'aigua. Requisits i mètodes d'assaig".
- UNE EN 598:1996** "Tubs, accessoris i peces especials de fosa dúctil i les seves unions per al sanejament. Prescripcions i mètodes d'assaig".
- UNE-EN 607:1996** "Canalons suspesos i els seus accessoris de PVC. Definicions, exigències i mètodes d'assaig".
- UNE EN 612/AC:1996** "Canalons de ràfec i baixants d'aigües pluvials de xapa metàl·lica. Definicions, classificació i especificacions".
- UNE EN 877:2000** "Tubs i accessoris de fosa, les seves unions i peces especials destinats a l'evacuació d'aigües dels edificis. Requisits, mètodes d'assaig i assegurances de la qualitat".
- UNE EN 1 053:1996** "Sistemes de canalització en materials plàstics. Sistemes de canalitzacions termoplàstiques per a aplicacions sense pressió. Mètode d'assaig d'estanquitat a l'aigua".
- UNE EN 1 054:1996** "Sistemes de canalització en materials plàstics. Sistemes de canalitzacions termoplàstiques per a l'evacuació d'aigües residuals. Mètode d'assaig d'estanquitat a l'aire de les unions".
- UNE EN 1 092-1:2002** "Brides i les seves unions. Brides circulars per a canonades, aixetes, accessoris i peces especials, designació PN. Part 1: Brides d'acer".
- UNE EN 1 092-2:1998** "Brides i les seves unions. Brides circulars per a canonades, aixetes, accessoris i peces especials, designació PN. Part 2: Brides de fosa".
- UNE EN 1 115-1:1998** "Sistemes de canalització enterrats de materials plàstics, per a evacuació i sanejament amb pressió. Plàstics termoestables reforçats amb fibra de vidre (PRFV) basats en resines de polièster insaturat (UP). Part 1: Generalitats".
- UNE EN 1 115-3:1997** "Sistemes de canalització enterrats de materials plàstics, per a evacuació i sanejament amb pressió. Plàstics termoestables reforçats amb fibra de vidre (PRFV) basats en resines de polièster insaturat (UP). Part 3: Accessoris".

## Document bàsic HS Salubritat

- UNE EN 1 293:2000** “Requisits generals per als components utilitzats en canonades d'evacuació, embornals i clavegueram pressuritzades pneumàticament”.
- UNE EN 1 295-1:1998** “Càlcul de la resistència mecànica de canonades enterrades sota diferents condicions de càrrega. Part 1: Requisits generals”.
- UNE EN 1 329-1:1999** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a evacuació d'aigües residuals (baixa i alta temperatura) a l'interior de l'estructura dels edificis. Poli (clorur de vinil) no plastificat (PVC-U). Part 1: Especificacions per a tubs, accessoris i el sistema”.
- UNE ENV 1 329-2:2002** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a evacuació d'aigües residuals (baixa i alta temperatura) a l'interior de l'estructura dels edificis. Poli (clorur de vinil) no plastificat (PVC-C). Part 2: Guia per a l'avaluació de la conformitat”.
- UNE EN 1 401-1:1998** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a sanejament enterrat sense pressió. Poli (clorur de vinil) no plastificat (PVC-U). Part 1: Especificacions per a tubs, accessoris i el sistema”.
- UNE ENV 1 401-2:2001** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a sanejament enterrat sense pressió. Poli (clorur de vinil) no plastificat (PVC-U). Part 2: Guia per a l'avaluació de la conformitat”.
- UNE ENV 1 401-3:2002** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a sanejament enterrat sense pressió. Poli (clorur de vinil) no plastificat (PVC-U). Part 3: pràctica recomanada per a la instal·lació”.
- UNE EN 1 451-1:1999** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a evacuació d'aigües residuals (baixa i alta temperatura) a l'interior de l'estructura dels edificis. Polipropilè (PP). Part 1: Especificacions per a tubs, accessoris i el sistema”.
- UNE ENV 1 451-2:2002** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a evacuació d'aigües residuals (baixa i alta temperatura) a l'interior de l'estructura dels edificis. Polipropilè (PP). Part 2: Guia per a l'avaluació de la conformitat”.
- UNE EN 1 453-1:2000** “Sistemes de canalització en materials plàstics amb tubs de paret estructurada per a evacuació d'aigües residuals (baixa i alta temperatura) a l'interior de l'estructura dels edificis. Poli (clorur de vinil) no plastificat (PVC-U). Part 1: Especificacions per als tubs i el sistema”.
- UNE ENV 1 453-2:2001** “Sistemes de canalització en materials plàstics amb tubs de paret estructurada per a evacuació d'aigües residuals (baixa i alta temperatura) a l'interior de l'estructura dels edificis. Poli (clorur de vinil) no plastificat (PVC-U). Part 2: Guia per a l'avaluació de la conformitat”.
- UNE EN 1455-1:2000** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a l'evacuació d'aigües residuals (baixa i alta temperatura) a l'interior de l'estructura dels edificis. Acrilonitril/butadiè/estirè (ABS). Part 1: Especificacions per a tubs, accessoris i el sistema”.

## Document bàsic HS Salubritat

- UNE ENV 1 455-2:2002** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a l'evacuació d'aigües residuals (baixa i alta temperatura) a l'interior de l'estructura dels edificis. Acrilonitril/butadiè/estirè (ABS). Part 2: Guia per a l'avaluació de la conformitat”.
- UNE EN 1 456-1:2002** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a sanejament enterrat o aeri amb pressió. Poli (clorur de vinil) no plastificat (PVC-U). Part 1: Especificacions per a tubs, accessoris i el sistema”.
- UNE ENV 1 519-1:2000** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a evacuació d'aigües residuals (baixa i alta temperatura) a l'interior de l'estructura dels edificis. Polietilè (PE). Part 1: Especificacions per a tubs, accessoris i el sistema”.
- UNE ENV 1 519-2:2002** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a evacuació d'aigües residuals (baixa i alta temperatura) a l'interior de l'estructura dels edificis. Polietilè (PE). Part 2: Guia per a l'avaluació de la conformitat”.
- UNE EN 1 565-1:1999** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a evacuació d'aigües residuals (baixa i alta temperatura) a l'interior de l'estructura dels edificis. Barreges de copolímers d'estirè (SAN + PVC). Part 1: Especificacions per a tubs, accessoris i el sistema”.
- UNE ENV 1 565-2:2002** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a evacuació d'aigües residuals (baixa i alta temperatura) a l'interior de l'estructura dels edificis. Barreges de copolímers d'estirè (SAN + PVC). Part 2: Guia per a l'avaluació de la conformitat”.
- UNE EN 1 566-1:1999** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a evacuació d'aigües residuals (baixa i alta temperatura) a l'interior de l'estructura dels edificis. Poli (clorur de vinil) clorat (PVC-C). Part 1: Especificacions per a tubs, accessoris i el sistema”.
- UNE ENV 1 566-2:2002** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a evacuació d'aigües residuals (baixa i alta temperatura) a l'interior de l'estructura dels edificis. Poli (clorur de vinil) clorat (PVC-C). Part 2: Guia per a l'avaluació de la conformitat”.
- UNE EN 1636-3:1998** “Sistemes de canalització enterrats de materials plàstics, per a evacuació i sanejament sense pressió. Plàstics termoestables reforçats amb fibra de vidre (PRFV) basats en resines de polièster insaturat (UP). Part 3: Accessoris”.
- UNE EN 1 636-5:1998** “Sistemes de canalització enterrats de materials plàstics, per a evacuació i sanejament sense pressió. Plàstics termoestables reforçats amb fibra de vidre (PRFV) basats en resines de polièster insaturat (UP). Part 5: Aptitud de les juntes per a la seva utilització”.
- UNE EN 1 636-6:1998** “Sistemes de canalització enterrats de materials plàstics, per a evacuació i sanejament sense pressió. Plàstics termoestables reforçats amb fibra de vidre (PRFV) basats en resines de polièster insaturat (UP). Part 6: Pràctiques d'instal·lació”.
- UNE EN 1 852-1:1998** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a sanejament enterrat sense pressió. Polipropilè (PP). Part 1: Especificacions per a tubs, accessoris i el sistema”.

---

**Document bàsic HS Salubritat**

---

- UNE ENV 1 852-2:2001** “Sistemes de canalització en materials plàstics per a sanejament enterrat sense pressió. Polipropilè (PP). Part 2: Guia per a l'avaluació de la conformitat”.
- UNE EN 12 095:1997** “Sistemes de canalització en materials plàstics. Abraçadores per a sistemes d'evacuació d'aigües pluvials. Mètode d'assaig de resistència de l'abraçadora”.
- UNE ENV 13 801:2002** Sistemes de canalització en materials plàstics per a l'evacuació d'aigües residuals (a baixa i a alta temperatura) a l'interior de l'estructura dels edificis. Termoplàstics. Pràctica recomanada per a la instal·lació.
- UNE 37 206:1978** “Canons de desguàs de plom”.
- UNE 53 323:2001 EX** “Sistemes de canalització enterrats de materials plàstics per a aplicacions amb pressió i sense. Plàstics termoestables reforçats amb fibra de vidre (PRFV) basats en resines de polièster insaturat (UP)”.
- UNE 53 365:1990** “Plàstics. Tubs de PE d'alta densitat per a unions soldades, utilitzats per a canalitzacions subterrànies, enterrades o no, emprades per a l'evacuació i desguassos. Característiques i mètodes d'assaig”.
- UNE 127 010:1995 EX** “Tubs prefabricats de formigó en massa, formigó armat i formigó amb fibra d'acer, per a conduccions sense pressió”.

# Document bàsic

# SE

---

## Seguretat estructural

---

SE 1 Resistència i estabilitat

SE 2 Aptitud al servei

## Introducció

### I Objecte

Aquest *Document bàsic* (DB) té per objecte establir regles i procediments que permetin complir les exigències bàsiques de seguretat estructural. L'aplicació correcta del conjunt del DB suposa que se satisfà el requisit bàsic "Seguretat estructural".

Tant l'objectiu del requisit bàsic "Seguretat estructural" com les exigències bàsiques s'estableixen a l'article 10 de la part I d'aquest CTE i són els següents:

#### Article 10. Exigències bàsiques de seguretat estructural (SE)

1. L'objectiu del requisit bàsic "Seguretat estructural" consisteix a assegurar que l'*edifici* té un *comportament estructural adequat* davant de les *accions i influències previsibles* a les quals pugui estar sotmès durant la seva *construcció i ús previst*.
2. Per satisfer aquest objectiu, els *edificis* s'han de projectar, fabricar, construir i mantenir de manera que compleixin amb una fiabilitat adequada les exigències bàsiques que s'estableixen en els apartats següents.
3. Els documents bàsics "DB-SE Seguretat estructural", "DB-SE-AE Accions en l'edificació", "DB-SE-C Fonaments", "DB-SE-A Acer", "DB-SE-F Fàbrica" i "DB-SE-M Fusta", especifiquen paràmetres objectius i procediments amb els quals s'assegura la satisfacció de les exigències bàsiques i la superació dels nivells mínims de qualitat propis del requisit bàsic de seguretat estructural.
4. Les estructures de formigó estan regulades per la Instrucció de formigó estructural vigent.

#### 10.1. Exigència bàsica SE 1: Resistència i estabilitat

La resistència i l'estabilitat han de ser les adequades perquè no es generin *riscos* indeguts, de manera que es mantingui la resistència i l'estabilitat davant de les *accions i influències previsibles* durant les fases de *construcció i usos previstos* dels edificis, i que un esdeveniment extraordinari no produeixi conseqüències desproporcionades respecte a la causa original i es faciliti el *manteniment previst*.

#### 10.2. Exigència bàsica SE 2: Aptitud al servei

L'aptitud al servei ha de ser de conformitat amb l'*ús previst* de l'*edifici*, de manera que no es produeixin *deformacions inadmissibles*, es limiti a un nivell acceptable la probabilitat d'un *comportament dinàmic inadmissible* i no es produeixin *degradacions* o anomalies *inadmissibles*.

### II Àmbit d'aplicació

L'àmbit d'aplicació d'aquest DB és el que estableix amb caràcter general per al conjunt del CTE el seu article 2 (part I).

### III Criteris generals d'aplicació

Es poden utilitzar altres solucions diferents de les contingudes en aquest DB; en aquest cas s'ha de seguir el procediment establert a l'article 5 de la part I d'aquest CTE i s'ha de documentar en el projecte el compliment de les exigències bàsiques.

Els esments a disposicions reglamentàries contingudes en aquest DB es refereixen a les seves versions vigents en cada moment en què s'apliqui el Codi i als efectes que s'indiquen a l'article 3 de la part I. Els esments a normes UNE, UNE EN o UNE EN ISO s'han de relacionar amb la versió que s'indica en cada cas, encara que n'hi hagi una versió posterior, excepte quan es tracti de normes equivalents a normes EN, la referència de les quals hagi estat publicada en el *Diari Oficial de la Comunitat Europea*, en el marc aplicable de la Directiva 89/106/CEE sobre productes de construcció o altres directives que els siguin aplicables; en aquest cas l'esment s'ha de relacionar amb la versió de la referència esmentada.

#### **IV Condicions particulars per al compliment del DB-SE**

L'aplicació dels procediments d'aquest DB s'ha de portar a terme d'acord amb les condicions particulars que s'hi estableixen i amb les condicions generals per al compliment del CTE, les condicions del projecte, les condicions en l'execució de les obres i les condicions de l'edifici que consten en els articles 5, 6, 7 i 8 respectivament de la part I del CTE.

#### **V Terminologia**

Els termes que consten en lletra cursiva, als efectes d'aplicació d'aquest CTE, s'han d'utilitzar de conformitat amb el significat i les condicions que s'estableix per a cadascun d'aquests. Les definicions consten en lletra capital, no són exclusives d'aquest CTE i hi estan incloses amb la finalitat d'aportar més comoditat a l'hora de ser llegides i aplicades.

Altres termes i definicions generals utilitzats en el conjunt del CTE es poden consultar en l'annex III de la part I.

## Índex

### 1 Generalitats

- 1.1 Àmbit d'aplicació i consideracions prèvies
- 1.2 Prescripcions aplicables conjuntament amb DB-SE

### 2 Documentació

- 2.1 Documentació del projecte
- 2.2 Documentació final de l'obra
- 2.3 Instruccions d'ús i pla de manteniment

### 3 Anàlisi estructural i del dimensionament

- 3.1 Generalitats
- 3.2 Estats límit
- 3.3 Variables bàsiques
- 3.4 Models per a l'anàlisi estructural
- 3.5 Verificacions

### 4 Verificacions basades en coeficients parcials

- 4.1 Generalitats
- 4.2 Capacitat portant
- 4.3 Aptitud al servei
- 4.4 Efectes del temps

### 5 Verificacions basades en mètodes experimentals

- 5.1 Generalitats
- 5.2 Plantejament experimental
- 5.5 Avaluació dels resultats

### Annex A Terminologia

### Annex B Notacions

- B.1 Notacions

### Annex C Principis dels mètodes probabilistes explícit i implícit

- C.1 Objectius i camp d'aplicació
- C.2 Incerteses associades amb les variables bàsiques
- C.3 Criteris per a la fallada estructural
- C.4 Nivells de fiabilitat
- C.5 Determinació de probabilitats de fallada
- C.6 Mètodes basats en la determinació dels valors de càlcul
- C.7 El format dels coeficients parcials

### Annex D Avaluació estructural d'edificis existents

- D.1 Generalitats
- D.2 Criteris bàsics per a l'avaluació
- D.3 Recopilació d'informació
- D.4 Anàlisi estructural
- D.5 Verificació
- D.6 Avaluació qualitativa



---

Document bàsic SE Seguretat estructural

---

D.7 Resultats de l'avaluació  
D.8 Mesures

## 1 GENERALITATS

### 1.1 Àmbit d'aplicació i consideracions prèvies

- 1 Aquest DB estableix els principis i els requisits relatius a la resistència mecànica i l'estabilitat de l'edifici, així com l'aptitud al servei, incloent-hi la seva durabilitat. Descric les bases i els principis per al seu càlcul. L'execució, la utilització, la inspecció i el manteniment es tracten en la mesura en què afecten l'elaboració del projecte.
- 2 Els preceptes del DB-SE són aplicables a tots els tipus d'edificis, fins i tot als de caràcter provisional.
- 3 Capacitat portant és com s'anomena l'aptitud d'un edifici per assegurar, amb la fiabilitat requerida, l'estabilitat del conjunt i la resistència necessària, durant un temps determinat, anomenat període de servei. L'aptitud d'assegurar el funcionament de l'obra, el confort dels usuaris i de mantenir l'aspecte visual, s'anomena aptitud al servei.
- 4 A falta d'indicacions específiques, com a període de servei s'ha d'adoptar 50 anys.

### 1.2 Prescripcions aplicables conjuntament amb DB-SE

- 1 El DB-SE constitueix la base per als documents bàsics següents i s'ha d'utilitzar conjuntament amb aquests:
  - DB-SE-AE Accions en l'edificació
  - DB-SE-C Fonaments
  - DB-SE-A Acer
  - DB-SE-F Fàbrica
  - DB-SE-M Fusta
  - DB-SI Seguretat en cas d'incendi
- 2 S'han de tenir en compte, a més, les especificacions de la normativa següent:
  - NCSE Norma de construcció sísmoresistent: part general i edificació
  - EHE Instrucció de formigó estructural
  - EFHE Instrucció per al projecte i l'execució de forjats unidireccionals de formigó estructural realitzats amb elements prefabricats

## 2 DOCUMENTACIÓ

### 2.1 Documentació del projecte

- 1 Amb relació a la seguretat estructural, el contingut del projecte d'edificació ha de ser el descrit en l'annex I del CTE i ha d'incloure la informació que s'indica en els apartats següents. Aquesta documentació s'ha de completar amb l'específica que es detalla, si s'escau, a cadascun dels restants DB relatius a la seguretat estructural que s'utilitzin conjuntament amb aquest.
- 2 Quan el director d'obra autoritzi modificacions del que s'ha projectat, ho ha de fer constar expressament en el Llibre d'ordres, sens perjudici d'aportar documents gràfics annexos a l'ordre, que en el seu moment s'han d'afegir, com sigui procedent, per addenda o substitució, a la documentació final d'obra realitzada. Per evitar confusions, s'ha d'indicar clarament en els documents del projecte original que resultin afectats pel canvi, que s'han d'entendre substituïts pels aportats, i en aquests, els del projecte que queden anul·lats.

#### 2.1.1 Memòria

- 1 En la memòria del projecte s'ha d'incloure el programa de necessitats, en el qual s'han de descriure les característiques de l'edifici i de l'ús previst que condicionen les exigències de seguretat estructural, tant en el relatiu a la capacitat portant com a l'aptitud al servei; les bases de càlcul i la declaració de compliment dels DB o justificació documental del compliment de les exigències bàsiques de seguretat, si s'adopten solucions alternatives que s'apartin totalment o parcial dels DB.
- 2 En les bases de càlcul i, si s'escau, en l'annex de càlcul s'han d'incloure les dades següents:
  - a) el període de servei previst, si difereix de 50 anys;
  - b) les simplificacions realitzades sobre l'edifici per tal de transformar-lo en un o diversos models de càlcul, que s'han de descriure detalladament, indicant el tipus estructural adoptat per al conjunt i les seves parts, les característiques de les seccions, tipus de connexions i condicions de sustentació;
  - c) les característiques mecàniques considerades per als materials estructurals i per al terreny que el sustenta o, si s'escau, actua sobre l'edifici;
  - d) la geometria global (especificant les dimensions a eixos de referència) i qualsevol element que pugui afectar el comportament o la durabilitat de l'estructura;
  - e) les exigències relatives a la capacitat portant i a l'aptitud al servei, inclosa la durabilitat, si difereixen de les establertes en aquest document;
  - f) les accions considerades, les combinacions efectuades i els coeficients de seguretat utilitzats;
  - g) de cada tipus d'element estructural, la modalitat d'anàlisi efectuada i els mètodes de càlcul utilitzats; i
  - h) si s'escau, la modalitat de control de qualitat previst.

Si el projecte es desenvolupa en dues fases (projecte bàsic i projecte d'execució), en el projecte bàsic s'ha d'incloure, almenys, la informació indicada en els punts a) i d), així com les accions aplicables al cas, els materials previstos i els coeficients de seguretat aplicables.
- 3 Els càlculs realitzats amb ordinador s'han de completar identificant els programes informàtics utilitzats en cadascuna de les parts que han donat lloc a un tractament diferenciat, indicant l'objecte i el camp d'aplicació del programa i explicant amb precisió la representació de les dades introduïdes i el tipus dels resultats generats pel programa.

#### 2.1.2 Plànols

- 1 Els plànols del projecte corresponents a l'estructura han de ser suficientment precisos per a la realització exacta de l'obra, amb la qual cosa també se'n poden deduir els plànols auxiliars d'obra o de taller, si s'escau, i els mesuraments que han servit de base per a les valoracions pertinents.
- 2 Els plànols han de contenir els detalls necessaris perquè el constructor, sota les instruccions del director d'obra, pugui executar la construcció, i en particular, els detalls d'unions i nusos entre elements estructurals i entre aquests i la resta dels de l'obra, les característiques dels materials, la modalitat de control de qualitat previst, si escau, i els coeficients de seguretat adoptats en el càlcul.

- 3 Si el projecte es desenvolupa en dues fases (projecte bàsic i projecte d'execució), els plànols del projecte bàsic han de ser suficientment precisos per a la definició del tipus estructural previst i l'establiment de les reserves geomètriques per a la realització de l'estructura.

### 2.1.3 Plec de condicions

- 1 En el plec de condicions del projecte s'han d'incloure les prescripcions tècniques particulars exigibles als productes, els equips i els sistemes i a l'execució de cada unitat d'obra.
- 2 Ha d'incloure les condicions en l'execució de les obres, que han de definir, si s'escau, la modalitat de control de qualitat, el control de recepció en obra de productes, equips i sistemes, el control d'execució de l'obra i el control de l'obra acabada, i han d'establir la documentació exigible, els distintius de qualitat o avaluacions tècniques de la idoneïtat admesos per a la seva acceptació i, si s'escau, els assajos que calgui realitzar, els criteris d'acceptació i rebuig, i les accions que calgui adoptar en cada cas. Així mateix, s'ha d'establir el termini de garantia de cada component.
- 3 Si per a una mateixa obra es preveuen diferents tipus d'un mateix producte, s'han de detallar separatament cadascun d'aquests, indicant les zones en què han de ser utilitzats.
- 4 En el plec s'ha d'exigir, quan sigui oportú o quan estigui reglamentat, la col·locació d'una placa, al lloc de l'obra que especifiqui, amb el valor màxim de la sobrecàrrega admissible per a l'ús d'aquesta zona de l'edifici.

## 2.2 Documentació final de l'obra

- 1 La documentació final d'obra ha d'incloure els plànols complets de tots els elements i parts de l'obra, que reflecteixin amb precisió l'obra realment construïda, així com la documentació acreditativa que és de conformitat amb el CTE.
- 2 Així mateix, ha d'incloure la documentació acreditativa que s'han complert les especificacions de control de qualitat especificades en el projecte, en les instruccions de la direcció facultativa i en el CTE.

## 2.3 Instruccions d'ús i pla de manteniment

- 1 En les instruccions d'ús s'ha de recollir tota la informació necessària perquè l'ús de l'edifici sigui de conformitat amb les hipòtesis adoptades en les bases de càlcul.
- 2 De tota la informació acumulada sobre una obra, les instruccions d'ús han d'incloure les que resultin d'interès per a la propietat i per als usuaris, que com a mínim han de ser:
  - a) les accions permanents;
  - b) les sobrecàrregues d'ús;
  - c) les deformacions admeses, incloses les del terreny, si s'escau;
  - d) les condicions particulars d'utilització, com ara el respecte als senyals de limitació de sobrecàrrega, o el manteniment de les marques o pilons que defineixen zones amb requisits especials respecte d'això;
  - e) si s'escau, les mesures adoptades per reduir els riscos de tipus estructural.
- 3 El pla de manteniment, en el corresponent als elements estructurals, s'ha d'establir en concordança amb les bases de càlcul i amb qualsevol informació adquirida durant l'execució de l'obra que pugui ser d'interès, i ha d'identificar:
  - a) el tipus dels treballs de manteniment que es portaran a terme;
  - b) llista dels punts que requereixin un manteniment particular;
  - c) l'abast, la realització i la periodicitat dels treballs de conservació;
  - d) un programa de revisions.

## 3 Anàlisi estructural i dimensionament

### 3.1 Generalitats

- 1 La comprovació estructural d'un edifici requereix:
  - a) determinar les situacions de dimensionament que resultin determinants;
  - b) establir les accions que s'han de tenir en compte i els models adequats per a l'estructura;
  - c) realitzar l'anàlisi estructural, adoptant mètodes de càlcul adequats a cada problema;
  - d) verificar que, per a les situacions de dimensionament corresponents, no se sobrepassen els estats límit.
- 2 En les verificacions s'han de tenir en compte els efectes del pas del temps (accions químiques, físiques i biològiques; accions variables repetides) que poden incidir en la capacitat portant o en l'aptitud al servei, en concordança amb el període de servei.
- 3 Les situacions de dimensionament han d'englobar totes les condicions i les circumstàncies previsible durant l'execució i la utilització de l'obra, tenint en compte la diferent probabilitat de cadascuna. Per a cada situació de dimensionament, s'han de determinar les combinacions d'accions que calgui considerar.
- 4 Les situacions de dimensionament es classifiquen en:
  - a) persistents, que es refereixen a les condicions normals d'ús;
  - b) transitòries, que es refereixen a unes condicions aplicables durant un temps limitat (no s'hi inclouen les accions accidentals);
  - c) extraordinàries, que es refereixen a unes condicions excepcionals en què es pot trobar, o a les condicions a què pot estar exposat l'edifici (accions accidentals).

### 3.2 Estats límit

- 1 S'anomenen estats límit les situacions per a les quals, si són superades, es pot considerar que l'edifici no compleix algun dels requisits estructurals per als quals ha estat concebut.

#### 3.2.1 Estats límit últims

- 1 Els estats límit últims són els que, si són superats, constitueixen un risc per a les persones, ja sigui perquè produeixen una posada fora de servei o el col·lapse total o parcial de l'edifici.
- 2 Com a estats límit últims s'han de considerar els causats per:
  - a) pèrdua de l'equilibri de l'edifici, o d'una part estructuralment independent, considerat com un cos rígid;
  - b) fallada per deformació excessiva, transformació de l'estructura o d'una part en un mecanisme, trencament dels seus elements estructurals (inclosos els suports i els fonaments) o de les seves unions, o inestabilitat d'elements estructurals incloent-hi les originades per efectes dependents del temps (corrosió, fatiga).

#### 3.2.2 Estats límit de servei

- 1 Els estats límit de servei són els que, si són superats, afecten el confort i el benestar dels usuaris o de terceres persones, el correcte funcionament de l'edifici o l'aparença de la construcció.
- 2 Els estats límit de servei poden ser reversibles i irreversibles. La reversibilitat es refereix a les conseqüències que sobrepassin els límits especificats com a admissibles, una vegada desaparegudes les accions que les han produït.
- 3 Com a estats límit de servei s'han de considerar els relatius a:
  - a) les deformacions (fletxes, assentaments o desploms) que afectin l'aparença de l'obra, el confort dels usuaris o el funcionament d'equips i instal·lacions;

- b) les vibracions que causin una falta de confort de les persones, o que afectin la funcionalitat de l'obra;
- c) els danys o el deteriorament que poden afectar desfavorablement l'aparença, la durabilitat o la funcionalitat de l'obra.

### 3.3 Variables bàsiques

#### 3.3.1 Generalitats

- 1 L'anàlisi estructural es realitza mitjançant models en què intervenen les anomenades variables bàsiques, que representen quantitats físiques que caracteritzen les accions, influències ambientals, propietats de materials i del terreny, dades geomètriques, etc. Si la incertesa associada amb una variable bàsica és important, es considera com a variable aleatòria.
- 2 Quan es realitzi una verificació mitjançant mètodes d'anàlisi de la fiabilitat segons l'annex C, es pot utilitzar directament la representació probabilista de les variables.

#### 3.3.2 Accions

##### 3.3.2.1 Classificació de les accions

- 1 Les accions que s'han de considerar en el càlcul es classifiquen per la seva variació en el temps en:
  - a) accions permanents (G): Són les que actuen a cada instant sobre l'edifici amb posició constant. La seva magnitud pot ser constant (com el pes propi dels elements constructius o les accions i càrregues del terreny) o no (com les accions reològiques o el pretesatge), però amb variació menyspreable o tendint monòtonament fins a un valor límit.
  - b) accions variables (Q): Són les que poden actuar o no sobre l'edifici, com les degudes a l'ús o les accions climàtiques.
  - c) accions accidentals (A): Són les que tenen una probabilitat d'esdevenir-se petita però de gran importància, com ara un sisme, un incendi, un impacte o una explosió.Les deformacions imposades (assentaments, retracció, etc.) s'han de considerar com a accions permanents o variables, segons la seva variabilitat.
- 2 Les accions també es classifiquen per:
  - a) la seva naturalesa: en directes o indirectes;
  - b) la seva variació espacial: en fixes o lliures;
  - c) la resposta estructural: en estàtiques o dinàmiques.
- 3 La magnitud de l'acció es descriu per diversos valors representatius, depenent de les altres accions que s'hagin de considerar simultànies amb aquesta, com ara valor característic, de combinació, freqüent i quasi permanent.

##### 3.3.2.2 Valor característic

- 1 El valor característic d'una acció,  $F_k$ , es defineix, segons el cas, pel seu valor mitjà, per un fractil superior o inferior, o per un valor nominal.
- 2 Com a valor característic de les accions permanents,  $G_k$ , s'adopta, normalment, el seu valor mitjà. En els casos en què la variabilitat d'una acció permanent pugui ser important (amb un coeficient de variació superior entre 0,05 i 0,1, depenent de les característiques de l'estructura), o quan la resposta estructural sigui molt sensible a la variació d'aquesta, s'han de considerar dos valors característics: un valor característic superior, corresponent al fractil del 95%, i un valor característic inferior, corresponent al fractil del 5%, suposant una distribució estadística normal.
- 3 Per a l'acció permanent deguda al pretesatge,  $P$ , es pot definir, en cada instant  $t$ , un valor característic superior,  $P_{k,sup}(t)$ , i un valor característic inferior,  $P_{k,inf}(t)$ . En alguns casos, el pretesatge també es pot representar pel seu valor mitjà,  $P_m(t)$ .
- 4 Com a valor característic de les accions variables,  $Q_k$ , s'adopta, normalment, algun dels valors següents:
  - a) un valor superior o inferior amb una determinada probabilitat de no ser superat en un període de referència específic;

- b) un valor nominal, en els casos en què es desconegui la distribució estadística corresponent.
- 5 En el cas de les accions climàtiques, els valors característics estan basats en una probabilitat anual de ser superat de 0,02, xifra que correspon a un període de retorn de 50 anys.
  - 6 Les accions accidentals es representen per un valor nominal. Aquest valor nominal s'assimila, normalment, al valor de càlcul.

### 3.3.2.3 Altres valors representatius

- 1 El valor de combinació d'una acció variable representa la seva intensitat en cas que, en un determinat període de referència, actuï simultàniament amb una altra acció variable, estadísticament independent, que tingui una intensitat extrema. En aquest DB es representa com el valor característic multiplicat per un coeficient  $\psi_0$ .
- 2 El valor freqüent d'una acció variable es determina de manera que sigui superat durant l'1% del temps de referència. En aquest DB es representa com el valor característic multiplicat per un coeficient  $\psi_1$ .
- 3 El valor gairebé permanent d'una acció variable es determina de manera que sigui superat durant el 50% del temps de referència. En aquest DB es representa com el valor característic multiplicat per un coeficient  $\psi_2$ .

### 3.3.2.4 Accions dinàmiques

- 1 Les accions dinàmiques produïdes pel vent, un xoc o un sisme, es representen a través de forces estàtiques equivalents. Segons el cas, els efectes de l'acceleració dinàmica estan inclosos implícitament en els valors característics de l'acció corresponent, o s'introdueixen mitjançant un coeficient dinàmic.

### 3.3.3 Dades geomètriques

- 1 Les dades geomètriques es representen pels seus valors característics, per als quals en el projecte s'han d'adoptar els valors nominals deduïts dels plànols. En cas que se'n conegui la distribució estadística amb suficient precisió, les dades geomètriques es poden representar per un determinat fractil d'aquesta distribució.
- 2 Si les desviacions en el valor d'una dimensió geomètrica poden tenir influència significativa en la fiabilitat estructural, com a valor de càlcul s'ha de prendre el nominal més la desviació prevista.

### 3.3.4 Materials

- 1 Les propietats de la resistència dels materials o dels productes es representen pels seus valors característics.
- 2 En cas que la verificació d'algun estat límit resulti sensible a la variabilitat d'alguna de les propietats d'un material, s'han de considerar dos valors característics, superior i inferior, d'aquesta propietat, definits pel fractil 95% o el 5% segons que l'efecte sigui globalment desfavorable o favorable.
- 3 Els valors de les propietats dels materials o dels productes es poden determinar experimentalment a través d'assajos. Quan sigui necessari, s'ha d'aplicar un factor de conversió amb la finalitat d'extrapolar els valors experimentals en valors que representin el comportament del material o del producte en l'estructura o en el terreny.
- 4 Les propietats relatives a la rigidesa estructural es representen pel seu valor mitjà. No obstant això, depenent de la sensibilitat del comportament estructural enfront de la variabilitat d'aquestes característiques, és necessari utilitzar valors superiors o inferiors al valor mitjà (per exemple, en l'anàlisi de problemes d'inestabilitat). En qualsevol cas, s'ha de tenir en compte la dependència d'aquestes propietats respecte de la durada de l'aplicació de les accions.
- 5 A falta de prescripcions en un altre sentit, les característiques relatives a la dilatació tèrmica es representen pel seu valor mitjà.

## 3.4 Models per a l'anàlisi estructural

- 1 L'anàlisi estructural s'ha de basar en models adequats de l'edifici que proporcionin una previsió suficientment precisa d'aquest comportament, i que permetin tenir en compte totes les variables significatives i que reflecteixin adequadament els estats límit a considerar.

---

Document bàsic SE Seguretat estructural

---

- 2 Es poden establir diversos models estructurals, o bé complementaris, per representar les diverses parts de l'edifici, o bé alternatius, per representar més encertadament diferents comportaments o efectes.
- 3 S'han d'usar models específics a les zones singulars d'una estructura en què no siguin aplicables les hipòtesis clàssiques de la teoria de la resistència de materials.
- 4 Les condicions de vora o sustentació aplicades als models han d'estar en concordança amb les projectades.
- 5 S'han de tenir en compte els efectes dels desplaçaments i de les deformacions en cas que puguin produir un increment significatiu dels efectes de les accions.
- 6 El model per a la determinació dels efectes de les accions dinàmiques ha de tenir en compte tots els elements significatius amb les seves propietats (massa, rigidesa, amortiment, resistència, etc.).
- 7 El model ha de tenir en compte els fonaments i la contribució del terreny en cas que la interacció entre terreny i estructura sigui significativa.
- 8 L'anàlisi estructural es pot portar a terme exclusivament mitjançant models teòrics o mitjançant models teòrics complementats amb assajos.

### 3.5 Verificacions

- 1 Per a cada verificació, s'ha d'identificar la disposició de les accions simultànies que s'hagin de tenir en compte, com ara deformacions prèvies o imposades, o imperfeccions. Així mateix, s'han de considerar les desviacions probables en les disposicions o en les direccions de les accions.
- 2 En el marc del mètode dels estats límit, el compliment de les exigències estructurals s'ha de comprovar utilitzant el format dels coeficients parcials (vegeu l'apartat 4). Alternativament, les comprovacions es poden basar en una aplicació directa dels mètodes d'anàlisi de fiabilitat (vegeu l'annex C).



## 4 Verificacions basades en coeficients parcials

### 4.1 Generalitats

- 1 En la verificació dels estats límit mitjançant coeficients parcials, per a la determinació de l'efecte de les accions, així com de la resposta estructural, s'utilitzen els valors de càlcul de les variables, obtinguts a partir dels seus valors característics, o altres valors representatius, multiplicant-los o dividint-los pels corresponents coeficients parcials per a les accions i la resistència, respectivament.
- 2 Els valors de càlcul no tenen en compte la influència de bastos errors humans. Aquests s'han d'evitar mitjançant una direcció d'obra, utilització, inspecció i manteniment adequats.

### 4.2 Capacitat portant

#### 4.2.1 Verificacions

- 1 Es considera que hi ha prou estabilitat del conjunt o d'una part independent de l'edifici, si per a totes les situacions de dimensionament pertinents es compleix la condició següent.

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab} \quad (4.1)$$

on:

$E_{d,dst}$  és el valor de càlcul de l'efecte de les accions desestabilitzadores

$E_{d,stab}$  és el valor de càlcul de l'efecte de les accions estabilitzadores

- 2 Es considera que hi ha prou resistència de l'estructura portant, d'un element estructural, secció, punt o d'una unió entre elements, si per a totes les situacions de dimensionament pertinents es compleix la condició següent.

$$E_d \leq R_d \quad (4.2)$$

on:

$E_d$  és el valor de càlcul de l'efecte de les accions

$R_d$  és el valor de càlcul de la resistència corresponent

#### 4.2.2 Combinació d'accions

- 1 El valor de càlcul dels efectes de les accions corresponent a una situació persistent o transitòria, es determina mitjançant combinacions d'accions a partir de l'expressió

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4.3)$$

és a dir, considerant l'actuació simultània de:

- a) totes les accions permanents, en valor de càlcul ( $\gamma_G \cdot G_k$ ), inclòs el pretesatge ( $\gamma_P \cdot P$ );
- b) una acció variable qualsevol, en valor de càlcul ( $\gamma_Q \cdot Q_k$ ), cas en el qual s'ha d'adoptar com a tal una rere l'altra successivament en diferents anàlisis;
- c) la resta de les accions variables, en valor de càlcul de combinació ( $\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$ ).

Els valors dels coeficients de seguretat,  $\gamma$ , per a l'aplicació dels documents bàsics d'aquest CTE, s'estableixen en la taula 4.1 per a cada tipus d'acció; per a comprovacions de resistència, es té en compte si el seu efecte és desfavorable o favorable, considerada globalment.

Per a comprovacions d'estabilitat, s'ha de diferenciar, fins i tot dins de la mateixa acció, la part favorable (l'estabilitzadora) de la desfavorable (la desestabilitzadora).

Els valors dels coeficients de simultaneïtat,  $\psi$ , per a l'aplicació dels documents bàsics d'aquest CTE, s'estableixen en la taula 4.2.

- 2 El valor de càlcul dels efectes de les accions corresponent a una situació extraordinària, es determina mitjançant combinacions d'accions a partir de l'expressió

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4.4)$$

és a dir, considerant l'actuació simultània de:

- totes les accions permanents, en valor de càlcul ( $\gamma_G \cdot G_k$ ), inclòs el pretesatge ( $\gamma_P \cdot P$ );
- una acció accidental qualsevol, en valor de càlcul ( $A_d$ ); s'ha d'analitzar successivament amb cadascuna d'aquestes.
- una acció variable, en valor de càlcul freqüent ( $\gamma_Q \cdot \psi_1 \cdot Q_k$ ); s'ha d'adoptar com a tal, una rere l'altra successivament en diferents anàlisis amb cada acció accidental considerada.
- La resta de les accions variables, en valor de càlcul gairebé permanent ( $\gamma_Q \cdot \psi_2 \cdot Q_k$ ).

En situació extraordinària, tots els coeficients de seguretat ( $\gamma_G, \gamma_P, \gamma_Q$ ) són iguals a zero si el seu efecte és favorable, o a la unitat si és desfavorable, en els termes anteriors.

- En els casos en què l'acció accidental sigui l'acció sísmica, totes les accions variables concomitants s'han de tenir en compte amb el seu valor quasi permanent, segons l'expressió

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4.5)$$

#### 4.2.3 Comportament no lineal

- En els casos en què la relació entre les accions i el seu efecte no es pot aproximar de forma lineal, per a la determinació dels valors de càlcul dels efectes de les accions s'ha de realitzar una anàlisi no lineal; en aquest cas és suficient considerar que:
  - si els efectes globals de les accions creixen més ràpidament que aquestes, els coeficients parcials s'apliquen al valor representatiu de les accions, a la manera establerta en els apartats anteriors.
  - si els efectes globals de les accions creixen més lentament que aquestes, els coeficients parcials s'apliquen als efectes de les accions, determinats a partir dels valors representatius d'aquestes últimes.

#### 4.2.4 Valor de càlcul de la resistència

- El valor de càlcul de la resistència d'una estructura, element, secció punt o unió entre elements s'obté de càlculs basats en les seves característiques geomètriques a partir de models de comportament de l'efecte analitzat, i de la resistència de càlcul,  $f_d$ , dels materials implicats, que en general es pot expressar com a quocient entre la resistència característica,  $f_k$ , i el coeficient de seguretat del material.
- Pel que fa al material o materials implicats, la resistència de càlcul es pot expressar, així mateix, com a funció del valor mitjà del factor de conversió de la propietat implicada, determinada experimentalment, per tal de tenir en compte les diferències entre les condicions dels assajos i el comportament real, i del coeficient parcial per a l'esmentada propietat del material.
- En la seva formulació més general, la resistència de càlcul es pot expressar segons les variables avantdites, i el coeficient parcial per al model de resistència i les desviacions geomètriques, en cas que aquestes no es tinguin en compte explícitament.

## Document bàsic SE Seguretat estructural

Taula 4.1 Coeficients parcials de seguretat ( $\gamma$ ) per a les accions

Tipus de verificació <sup>(1)</sup>	Tipus d'acció	Situació persistent o transitòria	
		desfavorable	favorable
Resistència	Permanent		
	Pes propi, pes del terreny	1,35	0,80
	Càrrega del terreny	1,35	0,70
	Pressió de l'aigua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilitat		<b>desestabilitzadora</b>	<b>estabilitzadora</b>
	Permanent		
	Pes propi, pes del terreny	1,10	0,90
	Càrrega del terreny	1,35	0,80
	Pressió de l'aigua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

<sup>(1)</sup> Els coeficients corresponents a la verificació de la resistència del terreny s'estableixen en el DB-SE-C

Taula 4.2 Coeficients de simultaneïtat ( $\psi$ )

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecàrrega superficial d'ús (categories segons DB-SE-AE)			
• Zones residencials (categoria A)	0,7	0,5	0,3
• Zones administratives (categoria B)	0,7	0,5	0,3
• Zones destinades al públic (categoria C)	0,7	0,7	0,6
• Zones comercials (categoria D)	0,7	0,7	0,6
• Zones de trànsit i d'aparcament de vehicles lleugers amb un pes total inferior a 30 kN (categoria F)	0,7	0,7	0,6
• Cobertes transitables (categoria G)		(1)	
• Cobertes accessibles únicament per a manteniment (categoria H)	0	0	0
Neu			
• per a altituds > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• per a altituds ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Vent	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Accions variables del terreny	0,7	0,7	0,7

<sup>(1)</sup> En les cobertes transitables, s'han d'adoptar els valors corresponents a l'ús des del qual s'hi accedeix.

### 4.3 Aptitud al servei

#### 4.3.1 Verificacions

- Es considera que hi ha un comportament adequat, en relació amb les deformacions, les vibracions o el deteriorament, si es compleix, per a les situacions de dimensionament pertinents, que l'efecte de les accions no arriba al valor límit admissible establert per a aquest efecte.

### 4.3.2 Combinació d'accions

- 1 Per a cada situació de dimensionament i criteri considerat, els efectes de les accions s'han de determinar a partir de la corresponent combinació d'accions i influències simultànies, d'acord amb els criteris que s'estableixen a continuació.
- 2 Els efectes deguts a les accions de curta durada que poden resultar irreversibles, es determinen mitjançant combinacions d'accions, del tipus anomenat característica, a partir de l'expressió

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4.6)$$

És a dir, considerant l'actuació simultània de:

- a) totes les accions permanents, en valor característic ( $G_k$ );
  - b) una acció variable qualsevol, en valor característic ( $Q_k$ ); s'ha d'adoptar com a tal una rere l'altra successivament en diferents anàlisis;
  - c) la resta de les accions variables, en valor de combinació ( $\psi_0 \cdot Q_k$ ).
- 3 Els efectes deguts a les accions de curta durada que poden resultar reversibles, es determinen mitjançant combinacions d'accions, del tipus anomenat freqüent, a partir de l'expressió

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4.7)$$

sent:

és a dir, considerant l'actuació simultània de:

- a) totes les accions permanents, en valor característic ( $G_k$ );
  - b) una acció variable qualsevol, en valor freqüent ( $\psi_1 \cdot Q_k$ ); s'han d'adoptar com a tal una rere l'altra successivament en diferents anàlisis;
  - c) la resta de les accions variables, en valor quasi permanent ( $\psi_2 \cdot Q_k$ ).
- 4 Els efectes deguts a les accions de llarga durada es determinen mitjançant combinacions d'accions, del tipus anomenat quasi permanent, a partir de l'expressió

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4.8)$$

sent:

- a) totes les accions permanents, en valor característic ( $G_k$ );
- b) totes les accions variables, en valor quasi permanent ( $\psi_2 \cdot Q_k$ ).

### 4.3.3 Deformacions

#### 4.3.3.1 Fletxes

- 1 Quan es consideri la integritat dels elements constructius, s'admet que l'estructura horitzontal d'un pis o coberta és prou rígida si, per a qualsevol de les seves peces, davant de qualsevol combinació d'accions característica, considerant només les deformacions que es produeixen després de la posada en obra de l'element, la fletxa relativa és menor que:
  - a) 1/500 en pisos amb envans fràgils (com els de gran format, rajoles o plaques) o paviments rígids sense juntures;
  - b) 1/400 en pisos amb envans ordinaris o paviments rígids amb juntures;
  - c) 1/300 a la resta dels casos.
- 2 Quan es consideri el confort dels usuaris, s'admet que l'estructura horitzontal d'un pis o coberta és prou rígida si, per a qualsevol de les seves peces, davant de qualsevol combinació d'accions característica, considerant només les accions de curta durada, la fletxa relativa és menor que 1/350.
- 3 Quan es consideri l'aparença de l'obra, s'admet que l'estructura horitzontal d'un pis o coberta és prou rígida si, per a qualsevol de les seves peces, davant de qualsevol combinació d'accions quasi permanent, la fletxa relativa és menor que 1/300.

- 4 Les condicions anteriors s'han de verificar entre dos punts qualssevol de la planta, prenent com a llum el doble de la distància entre aquests. En general, és suficient realitzar aquesta comprovació en dues direccions ortogonals.
- 5 En els casos en què els elements danyables (per exemple envans, paviments) reaccionen de manera sensible enfront de les deformacions (fletxes o desplaçaments horitzontals) de l'estructura portant, a més de la limitació de les deformacions s'han d'adoptar mesures constructives apropiades per evitar danys. Aquestes mesures resulten particularment indicades si aquests elements tenen un comportament fràgil.

#### 4.3.3.2 Desplaçaments horitzontals

- 1 Quan es consideri la integritat dels elements constructius, s'admet que l'estructura global té suficient rigidesa lateral si, davant de qualsevol combinació d'accions característica, el desplom (vegeu la figura 4.1) és menor de:
  - a) desplom total:  $1/500$  de l'altura total de l'edifici;
  - b) desplom local:  $1/250$  de l'altura de la planta, en qualsevol d'aquestes.
- 2 Quan es consideri l'aparença de l'obra, s'admet que l'estructura global té suficient rigidesa lateral si, davant de qualsevol combinació d'accions quasi permanent, el desplom relatiu (vegeu la figura 4.1) és menor que  $1/250$ .
- 3 En general és suficient que aquestes condicions se satisfacin en dues direccions sensiblement ortogonals en planta.

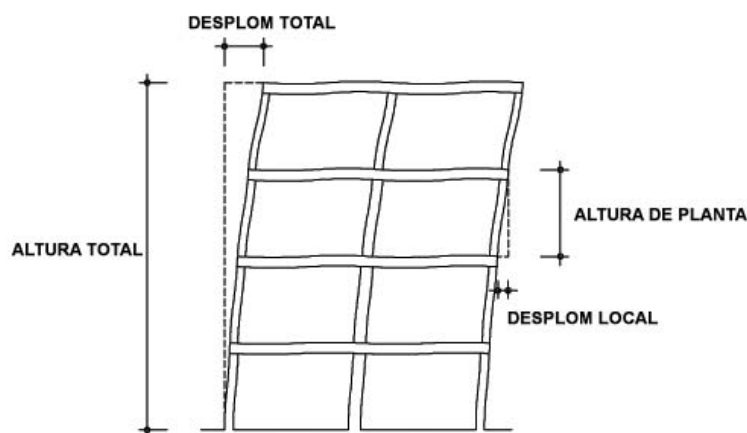


Figura 4.1 Desploms

#### 4.3.4 Vibracions

- 1 Un edifici es comporta adequadament davant vibracions degudes a accions dinàmiques, si la freqüència de l'acció dinàmica (freqüència d'excitació) s'aparta suficientment de les seves freqüències pròpies.
- 2 En el càlcul de la freqüència pròpia s'han de tenir en compte les possibles contribucions de tancaments, separacions, envans, revestiments, paviments i altres elements constructius, així com la influència de la variació del mòdul d'elasticitat  $i$ , en el cas dels elements de formigó, la de la fissuració.
- 3 Si les vibracions poden produir el col·lapse de l'estructura portant (per exemple, a causa de fenòmens de ressonància o de la pèrdua de la resistència per fatiga), s'ha de tenir en compte en la verificació de la capacitat portant, tal com s'estableix en el DB respectiu.
- 4 S'admet que una planta de pis susceptible de patir vibracions per efecte rítmic de les persones, és suficientment rígida, si la freqüència pròpia és més gran de:
  - a) 8 hertz, en gimnasos i poliesportius;
  - b) 7 hertz en sales de festa i locals de concurrència pública sense seients fixos;
  - c) 3,4 hertz en locals d'espectacles amb seients fixos.

## **4.4 Efectes del temps**

### **4.4.1 Durabilitat**

- 1 S'ha d'assegurar que la influència d'accions químiques, físiques o biològiques a què està sotmès l'edifici no compromet la seva capacitat portant. Per fer-ho, s'han de tenir en compte les accions d'aquest tipus que puguin actuar simultàniament amb les accions de tipus mecànic, mitjançant un mètode implícit o explícit.
- 2 En el mètode implícit els riscos inherents a les accions químiques, físiques o biològiques es tenen en compte mitjançant mesures preventives, diferents a l'anàlisi estructural, relacionades amb les característiques dels materials, els detalls constructius, els sistemes de protecció o els efectes de les accions en condicions de servei. Aquestes mesures depenen de les característiques i la importància de l'edifici, de les seves condicions d'exposició i dels materials de construcció utilitzats. En estructures normals d'edificació, l'aplicació d'aquest mètode resulta suficient. En els documents bàsics de seguretat estructural dels diferents materials i en la Instrucció de formigó estructural EHE s'estableixen les mesures específiques corresponents.
- 3 En el mètode explícit, les accions químiques, físiques o biològiques s'inclouen de forma explícita en la verificació dels estats límit últims i de servei. Per fer-ho, aquestes accions s'han de representar mitjançant models adequats que permetin descriure els seus efectes en el comportament estructural. Aquests models depenen de les característiques i dels materials de l'estructura, així com de la seva exposició.

### **4.4.2 Fatiga**

#### **4.4.2.1 Principis**

- 1 En general, en edificis no resulta necessari comprovar l'estat límit de fatiga, excepte pel que fa als elements estructurals interns dels equips d'elevació.
- 2 La comprovació a fatiga d'altres elements sotmesos a accions variables repetides procedents de maquinàries, onatge, càrregues de trànsit i vibracions produïdes pel vent, s'ha de fer d'acord amb els valors i els models que s'estableixen de cada acció en el document respectiu que la regula.

### **4.4.3 Efectes reològics**

- 1 Els documents bàsics corresponents als diferents materials inclouen, si s'escau, la informació necessària per tenir en compte la variació en el temps dels efectes reològics.

## 5 Verificacions basades en mètodes experimentals

### 5.1 Generalitats

- 1 Les verificacions relatives a la seguretat estructural mitjançant assajos estan basades en l'establiment experimental de paràmetres que defineixin bé la resposta d'una determinada estructura, d'un element estructural o d'una unió, o bé les accions i les influències que actuïn sobre aquests.
- 2 No s'han de considerar com a part d'aquest procediment experimental els assajos de recepció de materials o del seu control de qualitat, així com els assajos del terreny per a la redacció d'informes geotècnics.

### 5.2 Plantejament experimental

- 1 S'ha de definir de forma inequívoca l'estat límit que s'ha de verificar i s'han de determinar les zones o els punts crítics des del punt de vista del comportament de l'estructura o de l'element considerat.
- 2 Les provetes o mostres per assajar s'han de fabricar utilitzant els materials previstos en obra, aplicant la mateixa tècnica i, en la mesura que sigui possible, amb les mateixes dimensions que els elements corresponents. El mostreig s'ha de fer de manera aleatòria. A més, les provetes han de reproduir adequadament les condicions de suport i de posada en càrrega dels elements.
- 3 S'han de minimitzar, en la mesura que sigui possible, les diferències entre les condicions en què es realitzin els assajos i les condicions de l'element estructural real. Quan aquestes diferències tinguin una incidència significativa, s'han de tenir en compte en l'avaluació i la interpretació dels resultats introduint uns factors de conversió que s'han d'establir mitjançant anàlisi experimental o teòrica, o sobre la base de l'experiència. Aquests factors estan associats amb incerteses que depenen de cada cas.
- 4 En els mètodes utilitzats per deduir els valors de càlcul a partir dels resultats experimentals s'ha de tenir en compte el nombre reduït d'assajos. En absència d'una anàlisi més detallada, l'avaluació directa dels resultats s'ha de fer segons les indicacions de l'apartat 5.5. Per a l'avaluació dels resultats es poden fer servir altres mètodes, sempre que resultin consistents amb el format de verificació establert. En cas que hi hagi coneixements previs (per exemple, models de càlcul, assajos previs), aquests es poden tenir en compte en l'avaluació dels resultats.
- 5 Si els resultats experimentals s'usen en una anàlisi probabilista, les dades obtingudes es poden utilitzar per a l'actualització dels paràmetres estadístics corresponents.
- 6 Les conclusions derivades d'una campanya experimental determinada només tenen validesa per a les condicions particulars dels assajos, caracteritzades pel dispositiu experimental elegit, els materials de construcció i la tècnica de fabricació utilitzats.
- 7 En l'avaluació i la interpretació dels resultats s'han d'introduir factors de conversió que tinguin en compte les diferències entre les condicions de l'assaig i les condicions en obra que siguin rellevants, com l'efecte d'escala, la durada de l'aplicació de la càrrega, les condicions de suport de les provetes o els efectes ambientals que puguin incidir en les propietats dels materials.

### 5.3 Avaluació dels resultats

#### 5.3.1 Generalitats

- 1 La determinació del valor de càlcul de la resistència d'un element estructural o d'un material mitjançant assajos es basa en el fet que la resistència de la proveta utilitzada es representa a través d'una única variable i en el fet que el tipus de trencament considerat és determinant en tots els assajos.
- 2 El valor de càlcul de la resistència,  $R_d$ , s'ha de determinar segons l'expressió següent:

$$R_d = \frac{R_{k,est}}{\gamma_M} \cdot \frac{m_\eta}{\gamma_{Rd}} \quad (5.1)$$

## Document bàsic SE Seguretat estructural

on:

$R_{k,est}$  és l'estimació del valor característic de la resistència,  $R_k$ , determinada a partir dels resultats experimentals segons l'expressió (5.2) o (5.3);

$\gamma_M$  és el coeficient parcial per a la resistència del material, s'ha d'adoptar el valor que, segons els documents bàsics corresponents, s'utilitzi per al material i el mecanisme de trencament considerats;

$m_\eta$  és el valor mitjà del factor de conversió;

$\gamma_{Rd}$  és el coeficient d'incertesa per al model de resistència.

- 3 En els casos en què s'estimi que la diferència entre els assajos i els casos reals és massa gran, és necessari un estudi més detallat per a l'establiment del valor del coeficient  $\gamma_M$ .
- 4 El coeficient d'incertesa per al model de resistència,  $\gamma_{Rd}$ , té en compte el caràcter aleatori del factor de conversió,  $\eta$ , respecte de les diferències desconegudes entre les condicions de l'assaig i les condicions en obra. Els valors de  $m_\eta$  i  $\gamma_{Rd}$  s'han de definir en cada cas tenint en compte els objectius dels assajos, l'estat límit considerat, el mecanisme de trencament, la informació disponible sobre la fabricació de les provetes i els elements reals, així com les condicions de l'obra. Els valors adoptats per al coeficient d'incertesa  $\gamma_{Rd}$  no són inferiors a la unitat.

### 5.3.2 Estimació de la resistència característica

- 1 En absència d'informació prèvia o d'altres dades més precises, s'ha d'adoptar com a valor característic el fractil del 5%, suposant una distribució normal:

$$R_{k,est} = m_R - k_\sigma \cdot \sigma_R \quad (5.2)$$

on:

$m_R$  és el valor mitjà de la mostra

$\sigma_R$  és la desviació típica de la mostra, s'estima a partir dels resultats experimentals

$k_\sigma$  és el coeficient que depèn de la mida de la mostra (nombre d'assajos, n), segons la taula 5.1

- 2 Quan hi ha informació prèvia relativa a la desviació típica de la distribució,  $\sigma_R$ , aquesta es considera coneguda *a priori*. En aquests casos, suposant una distribució normal, el valor característic de la resistència corresponent a un fractil del 5% s'ha d'estimar a partir de la relació:

$$R_{k,est} = m_R - k_\sigma \cdot \sigma_R \quad (5.3)$$

on:

$m_R$  és el valor mitjà de la mostra

$\sigma_R$  és la desviació típica de la distribució

$k_\sigma$  és el coeficient que depèn de la mida de la mostra (nombre d'assajos, n), segons la taula 5.1

Taula 5.1. Valors del coeficient  $k_\sigma$  per a un fractil de 5%

Desviació típica	Nombre d'assajos, n								
	3	4	6	8	10	20	30	100	infinít
desconeguda	3,15	2,68	2,34	2,19	2,10	1,93	1,87	1,76	1,64
prèviament coneguda	2,03	1,98	1,92	1,88	1,86	1,79	1,77	1,71	1,64



## Annex A Terminologia

- 1 Els termes que consten aquí s'utilitzen en aquest DB-SE així com en els altres documents bàsics de seguretat estructural, de conformitat amb el significat i les condicions que s'estableixen. En l'annex III de la part I es poden consultar altres termes i definicions generals utilitzats en el conjunt del CTE. La resta dels DB de caire estructural contenen les definicions d'altres termes tècnics específics.

**Acció accidental:** acció amb una petita probabilitat d'esdevenir-se, generalment de curta durada i amb efectes importants.

**Acció fixa:** Acció que té una distribució fixa sobre l'edifici i una magnitud i una direcció determinades de forma inequívoca per al conjunt de l'obra.

**Acció lliure:** Acció que pot tenir qualsevol punt d'aplicació, sense límits donats.

**Acció permanent:** Acció que té una variació en magnitud amb el temps menyspreable, o una variació monòtona fins que s'assoleixi un valor límit determinat.

**Acció variable:** Acció que té una variació en el temps no monòtona ni menyspreable respecte al valor mitjà.

**Accions:**

a) Força aplicada sobre l'edifici (acció directa).

b) Deformació imposada o acceleració causada, per exemple, per canvis de temperatura, variacions d'humitat, assentaments diferencials o terratrèmols (acció indirecta).

**Anàlisi estructural:** Procediment o algoritme per determinar els efectes de les accions.

**Combinació d'accions:** Conjunt d'accions utilitzades per a la comprovació dels requisits estructurals.

**Efectes de les accions:** L'efecte de les accions en elements estructurals, per exemple, esforços, moments, tensions, deformacions, o en tota l'estructura, com per exemple, rotació, desviació.

**Element estructural:** Part físicament distingible d'una estructura, com per exemple, una biga, una llosa, un piló.

**Estat límit:** Estat més enllà del qual no se satisfan els requisits estructurals.

**Estat límit de servei:** Estat més enllà del qual no se satisfan els requisits de servei establerts.

**Estat límit últim:** Estat associat al col·lapse o a una altra forma similar de fallada estructural.

**Estructura:** Conjunt d'elements, connectats entre ells, que tenen com a missió resistir les accions previsibles i proporcionar rigidesa.

**Fletxa relativa:** Descens màxim d'obertura respecte de l'extrem de la peça que la tingui menor, dividida per la llum del tram. En el cas de volades es considera com a llum el doble de la volada.

**Model estructural:** Idealització del sistema estructural utilitzada per a l'anàlisi, el càlcul i la verificació.

**Risc:** Mesura de l'abast del perill que representa un esdeveniment no desitjat per a les persones. Un risc s'expressa en termes de la probabilitat vinculada a les conseqüències d'aquest esdeveniment.

**Sistema estructural:** Elements resistents de la construcció i forma en què es considera que treballen.

**Situació extraordinària:** Situació que inclou unes condicions excepcionals per a l'edifici.

**Situació persistent:** Situació que és rellevant durant un període de temps similar al període de servei de l'edifici.

**Valor característic:** És el principal valor representatiu d'una variable.

**Valor de càlcul:** Valor obtingut de multiplicar el valor representatiu pel coeficient parcial de seguretat.

## Annex B Notacions

### B.1 Notacions

#### 1 Majúscules llatines

$A_d$	Valor de càlcul d'una acció accidental
$G_d$	Valor de càlcul d'una acció permanent
$G_k$	Valor característic d'una acció permanent
$Q_d$	Valor de càlcul d'una acció variable
$Q_k$	Valor característic d'una acció variable simple
$R_d$	Valor de càlcul de la resistència
$R_k$	Valor característic de la resistència

#### 2 Minúscules gregues

$\gamma_M$	Coefficient parcial per a la resistència d'un material
$\gamma_G$	Coefficient parcial per a una acció permanent
$\gamma_Q$	Coefficient parcial per a una acció variable
$\psi_0$	Coefficient per al valor de combinació d'una acció variable
$\psi_1$	Coefficient per al valor freqüent d'una acció variable
$\psi_2$	Coefficient per al valor quasi permanent d'una acció variable

## Annex C Principis dels mètodes probabilistes explícit i implícit

### C.1 Objectius i camp d'aplicació

- 1 El contingut d'aquest annex té caràcter informatiu i els seus objectius són:
  - a) la recopilació de les bases en què es fonamenten els capítols 3, 4 i 5 de DB-SE;
  - b) la introducció d'algunes recomanacions relatives a l'aplicació dels mètodes probabilistes explícits.
- 2 En principi, els mètodes probabilistes explícits es poden utilitzar per a la verificació de qualsevol problema que es pugui descriure a través de relacions matemàtiques, i sempre que sigui possible identificar el conjunt dels corresponents esdeveniments aleatoris.
- 3 Les principals aplicacions dels mètodes probabilistes explícits es poden dividir en dos grups:
  - a) el calibratge de models probabilistes implícits (per exemple, el calibratge dels coeficients parcials);
  - b) l'aplicació directa per a l'adopció de decisions relacionades amb les prestacions de les estructures (per exemple, per al dimensionament d'estructures noves en els casos en què els mètodes implícits resultin inadequats, o per a l'avaluació estructural d'edificis existents).
- 4 El contingut d'aquest annex és aplicable per a les verificacions relatives a la capacitat portant (estats límit últims). També és aplicable per a la verificació de l'aptitud al servei en els casos irreversibles. En general, les regles i el contingut d'aquest annex no són aplicables a estats límit de servei reversibles.

### C.2 Incerteses associades amb les variables bàsiques

#### C.2.1 Fonts d'incerteses

- 1 Es poden distingir tres tipus d'incerteses associades amb les variables bàsiques:
  - a) la variabilitat aleatòria inherent al model;
  - b) les incerteses degudes a la falta de coneixements;
  - c) les incerteses estadístiques.Al seu torn, cadascun d'aquests tipus d'incerteses es pot subdividir.
- 2 La variabilitat aleatòria inherent es pot dividir en incerteses de dues categories, segons estiguin o no afectades per activitats humanes.

Molts paràmetres relatius a les accions pertanyen a la segona categoria, per exemple, la velocitat del vent o la càrrega de neu sobre el terreny. També hi ha paràmetres de resistència corresponents a aquesta segona categoria, per exemple, els paràmetres de resistència d'un terreny.

Exemples corresponents al primer tipus d'incerteses són la resistència dels materials constructius (per exemple, formigó o acer) o les dimensions d'elements estructurals. Aquestes incerteses es poden reduir mitjançant mètodes de fabricació o de producció més avançats, o a través de mètodes de control adequats.
- 3 Les incerteses degudes a la manca de coneixements es poden subdividir en dues categories, les relatives a les incerteses dels models, i les que depenen de l'evolució futura de certs paràmetres.

Les incerteses dels models, que es poden referir tant als models de les accions i dels seus efectes com als models de resistència, es poden reduir a través de la millora dels coneixements mitjançant assajos o investigacions teòriques.

A la segona categoria pertanyen, per exemple, les incerteses sobre l'evolució futura de les sobrecàrregues. Les possibilitats de reducció d'aquestes incerteses són més reduïdes.

- 4 Les incerteses estadístiques estan associades amb l'avaluació estadística dels resultats d'assajos, mesuraments o altres observacions, i poden ser degudes a:
- la manca d'identificació i de distinció entre diferents poblacions estadístiques;
  - un nombre limitat de resultats que condueix a incerteses en l'obtenció dels paràmetres estadístics (per exemple, del valor mitjà o de la desviació típica);
  - la no-consideració de les variacions sistemàtiques de les variables analitzades (per exemple, de paràmetres climàtics);
  - una extrapolació excessiva de la informació estadística;
  - la no-consideració de possibles correlacions;
  - la utilització de distribucions estadístiques per a la descripció d'incerteses que són d'origen estadístic només en part.

Normalment, les incerteses estadístiques es poden reduir fent més assajos o observacions.

### C.2.2 Obtenció de dades bàsiques

- 1 Els valors numèrics dels paràmetres que caracteritzin un model i les seves incerteses es poden obtenir per les vies següents:
- mesuraments o observacions;
  - anàlisi;
  - adopció de decisions.

Sovint, els valors numèrics dels paràmetres s'obtenen combinant dades obtingudes per diferents vies. La resistència a tracció del formigó es pot determinar a partir del mesurament de la seva resistència a compressió i una anàlisi mitjançant una funció de conversió; la sobrecàrrega d'un pont grua s'estableix mitjançant decisió i les forces dinàmiques addicionals es poden determinar mitjançant anàlisi; les sobrecàrregues en edificis es poden determinar mitjançant observació en combinació amb una hipòtesi sobre l'evolució futura.

- 2 Les variables bàsiques que tinguin en compte les incerteses s'han de caracteritzar mitjançant paràmetres com ara el valor mitjà, la desviació típica, les correlacions amb altres variables i el tipus de distribució estadística. En els casos en què els valors numèrics d'aquests paràmetres es determinin d'acord amb C.2.2(1a) o C.2.2(1b), el procediment ha d'incloure una anàlisi estadística de les dades i els resultats s'han de representar en termes estadístics.

Si per contra els valors numèrics dels paràmetres de les variables bàsiques es determinen d'acord amb C.2.2(1c), no és possible, normalment, una representació directa en termes estadístics. No obstant això, als efectes de l'aplicació dels mètodes probabilistes, també a aquestes variables se'ls han d'assignar paràmetres estadístics.

- 3 Les incerteses degudes a errors com ara els errors de mesurament o els efectes d'escala, s'eviten mitjançant l'adopció de mesures adequades com, per exemple, una gestió eficaç de la qualitat del procés d'obtenció de les dades bàsiques.

### C.2.3 Selecció de distribucions estadístiques

- 1 En molts casos, el nombre reduït de dades disponibles no permet determinar de manera inequívoca una funció de distribució estadística. Per aquest motiu, s'ha de seleccionar una distribució que tingui unes característiques apropiades en relació amb la variable bàsica considerada, tenint en compte el possible biaix.

- 2 Per a les accions permanents es pot adoptar una distribució normal, sempre que la possibilitat que es produeixin valors negatius no resulti contradictòria amb altres hipòtesis i no pugui ser la causa de resultats erronis. En cas contrari, resulta més convenient adoptar una distribució del tipus logarítmica normal, Weibull, Gamma, o de valors extrems.

Per a les accions variables, resulta més convenient adoptar una distribució del tipus logarítmica normal, Weibull, Gamma, o de valors extrems, particularment si la distribució ha de representar un valor màxim en un determinat període de temps.

- 3 Per a les propietats dels materials i per a les dimensions, sol ser adequada una distribució del tipus normal o logarítmica normal. Si, a causa de motius físics o altres circumstàncies, no es poden produir valors negatius, resulta preferible una distribució logarítmica normal.

### C.3 Criteris per a la fallada estructural

#### C.3.1 Estats límit últims

1 Se suposa que el criteri de fallada d'una estructura o d'un element estructural es regeix segons una funció  $g(\underline{X})$  de les variables bàsiques  $X$ , de manera que:

a) Per a l'estat desitjat

$$g(\underline{X}) > 0 \quad (C.1a)$$

b) Per a l'estat límit

$$g(\underline{X}) = 0 \quad (C.1b)$$

c) Per a l'estat no desitjat

$$g(\underline{X}) < 0 \quad (C.1c)$$

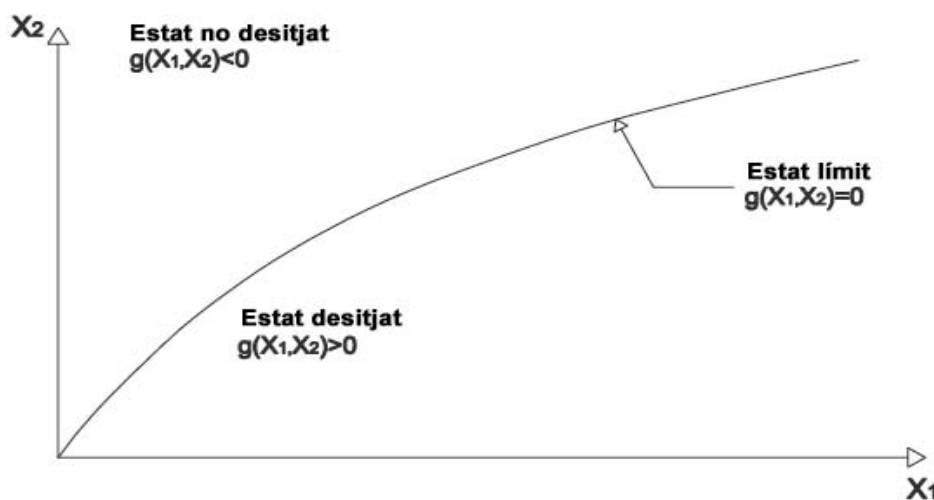


Figura C.1 Representació de la funció  $g(X)$  per al cas amb dues variables bàsiques  $X_1$  i  $X_2$ ;  $X = (X_1, X_2)$

2 Les variables bàsiques  $X$  poden dependre del temps (per exemple, les accions ambientals extremes poden variar amb el temps, els materials constitutius poden estar afectats per mecanismes de deteriorament en funció del temps, la resistència pot disminuir amb el temps a causa de processos de fatiga).

En general, algunes de les variables de  $X$  s'han de representar mitjançant processos estocàstics. En particular, la variabilitat amb el temps significa que els màxims i mínims de les variables de  $X$  no es produeixen alhora.

La dependència del temps implica que la probabilitat de fallada està associada amb un període de referència elegit,  $t_0$ .

3 La fallada d'una estructura o d'un element estructural s'associa amb la seva transició d'un estat desitjat a un estat no desitjat. Per a la majoria dels estats límit últims, la probabilitat de fallada es pot representar a través de la relació:

$$P_f = P[g(\underline{X}) < 0] \quad (C.2)$$

La probabilitat que no hi hagi fallada d'una estructura o d'un element estructural (probabilitat de supervivència,  $P_s$ , o fiabilitat) és el complement de la probabilitat de fallada:

$$P_s = 1 - P_f \quad (C.3)$$

4 Si s'analiza la fiabilitat d'un element estructural o d'una secció transversal respecte a un determinat mecanisme de fallada i una determinada combinació d'accions i influències, la funció  $g(X)$  es pot descriure, normalment, a través d'una expressió única derivada del comportament mecànic. En aquests casos, l'anàlisi es pot considerar com una anàlisi d'un element (en aquest context, element s'utilitza des del punt de vista probabilista de la paraula).

- 5 En els casos en què es consideri més d'un mecanisme de fallada per a un element estructural, o si s'estudien simultàniament diversos elements estructurals, la funció  $g(X)$  es pot considerar com una funció composta per diverses funcions  $g_1(X)$ ,  $g_2(X)$ ...

Una anàlisi que tingui en compte simultàniament diverses condicions  $g_i(X) < 0$  s'anomena anàlisi d'un sistema. La definició de la funció  $g(X)$  depèn fortament de les característiques del sistema (sistemes en què la fallada d'una secció condueix a la fallada total; sistemes redundants; sistemes amb un comportament combinat).

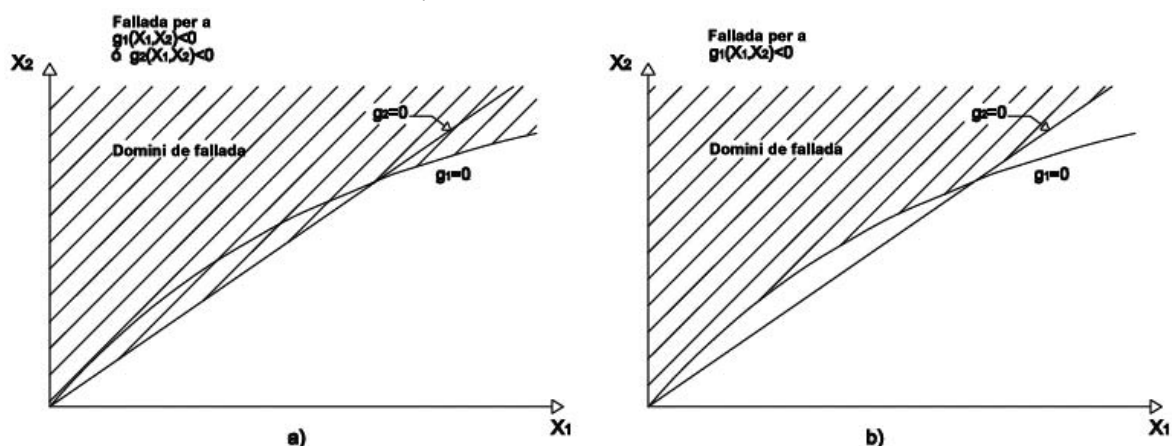


Figura C.2 Dominis de fallada per a un exemple amb dues funcions  $g_1(X_1, X_2)$  i  $g_2(X_1, X_2)$  amb dues variables bàsiques  $X_1$  i  $X_2$ . a) Fallada del sistema produïda per la d'una secció; b) Fallada d'un sistema redundat

- 6 En una aplicació directa dels mètodes probabilistes explícits s'ha de demostrar que en el període de referència,  $t_0$ , la probabilitat de fallada de l'estructura o de l'element estructural,  $P_f$ , no supera la probabilitat de fallada admissible,  $P_{f,0}$

$$P_f \leq P_{f,0} \quad (C.4)$$

### C.3.2 Estats límit de servei

- Per a alguns estats límit de servei, la transició d'un estat desitjat a un estat no desitjat correspon a un límit que pot estar delimitat en estar associat amb una realitat mecànica. Per a altres estats límit de servei, tanmateix, aquesta transició es produeix en condicions poc delimitades i difuses. En aquests casos, la transició està relacionada amb una disminució més o menys ràpida del grau de l'aptitud al servei.
- En termes generals, es pot definir un grau de l'aptitud al servei,  $\mu$ , en funció d'un paràmetre relacionat amb el comportament en servei,  $\lambda$  (per exemple, la deformació d'una biga, la intensitat de les vibracions d'un forjat)

$$0 \leq \mu(\lambda) \leq 1 \quad (C.5)$$

Per al paràmetre  $\lambda$  es poden establir dos límits

- $\lambda_1$ : l'obra es pot usar sense restriccions
- $\lambda_2$ : l'obra no es pot usar.

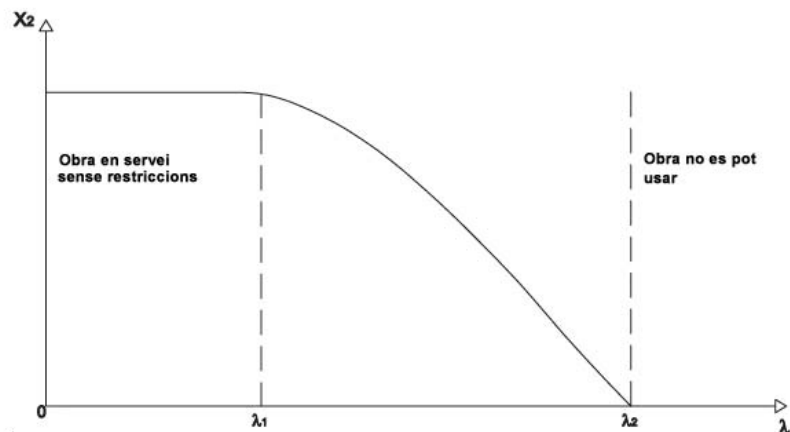


Figura C.3 Grau de l'aptitud al servei,  $\mu$ , en funció del paràmetre de servei,  $\lambda$

- 3 En alguns casos, als efectes d'una optimització econòmica, el grau de l'aptitud al servei es pot expressar en termes econòmics.

## C.4 Nivells de fiabilitat

### C.4.1 Seguretat de les persones

- 1 La fiabilitat estructural està relacionada, en primer lloc, amb la possibilitat que es produeixin danys personals (morts, ferits) com a conseqüència d'un col·lapse.

Es pot determinar un valor màxim acceptable per a la probabilitat de fallada a partir d'una comparació amb els riscos mortals associats amb altres activitats de la vida diària (per exemple, viatjar en cotxe). A aquests efectes, s'ha de distingir entre els riscos mortals des del punt de vista de les persones com a individus (risc mortal individual) i des del punt de vista de la societat (risc col·lectiu per a les persones).

- 2 Per al risc mortal individual associat amb el col·lapse de les estructures es podria assumir un valor admissible que estigui aproximadament dos ordres de magnitud per sota del valor total del risc mortal individual associat amb accidents en general.

La probabilitat de fallada admissible per a una estructura depèn de la probabilitat condicional que una persona mori atès el col·lapse d'aquesta estructura, i del risc mortal individual admissible associat als edificis

$$P(f | any) \cdot P(d | f) \leq r_{i,adm} \quad (C.6)$$

on:

$P(f | any)$  és la probabilitat de fallada de l'estructura per a un període de referència d'un any

$P(d | f)$  és la probabilitat que un usuari de l'edifici, present en el moment del col·lapse, mori, atès el col·lapse de l'edifici (probabilitat condicional)

$r_{i,adm}$  és el risc mortal individual admissible, associat amb el comportament estructural, expressat en termes de [(nombre de morts) / ( $10^6 \cdot any$ )].

- 3 El requisit (C.6) es refereix a un període d'un any i s'hauria de considerar com un valor mitjà sobre un determinat període de referència (per exemple, el període de servei previst o, alternativament, un període de l'ordre de 10 a 20 anys). En termes generals, serien acceptables desviacions d'aquest valor mitjà anual. Tanmateix, només es podrien acceptar valors superiors, per a un període de temps molt més breu que el període de referència.
- 4 Des del punt de vista social, s'han d'evitar accidents (freqüents) amb un gran nombre de morts. A aquest efecte, s'ha de complir la condició

$$P(f | any) \leq A \cdot N^{-\alpha} \quad (C.7)$$

on:

$P(f | any)$  és la probabilitat de fallada de l'estructura per a un període de referència d'un any

## Document bàsic SE Seguretat estructural

- N és el nombre suposat de morts  
 A és la constant (per exemple,  $A = 0,01$  a  $0,1$ )  
 $\alpha$  és la constant (per exemple,  $\alpha = 1$  a  $2$ )
- 5 Es pot admetre una probabilitat de fallada estructural que superi el valor més restrictiu dels deduïts de les condicions (C.6) i (C.7) si s'adopten mesures de protecció específiques (per exemple, un pla d'evacuació en cas d'emergència), amb la finalitat d'acomplir els requisits relatius al risc mortal individual i el risc col·lectiu per a les persones.

**C.4.2 Optimització econòmica**

- 1 Des del punt de vista econòmic, el nivell de fiabilitat requerit es pot determinar establint un equilibri entre les conseqüències d'una fallada estructural d'un edifici i el cost de les mesures de protecció i de seguretat.
- 2 L'objectiu d'una optimització econòmica consisteix a minimitzar el cost total acumulat durant el període de servei previst. Formalment, el cost total es pot representar mitjançant la relació

$$C_{\text{tot}} = C_b + C_m + \Sigma(P_f \cdot C_f) \quad (\text{C.8})$$

on:

- $C_{\text{tot}}$  és el cost total  
 $C_b$  és el cost del projecte i de l'execució  
 $C_m$  és el cost previst per a la inspecció, el manteniment i la demolició  
 $C_f$  és el cost de la fallada  
 $P_f$  és la probabilitat de fallada

La suma  $\Sigma(P_f \cdot C_f)$  s'ha d'establir per a totes les situacions de risc independents i tots els possibles mecanismes de fallada.

Aquesta representació del cost total té un alt grau de simplificació i s'ha de detallar més als efectes de la seva aplicació pràctica.

- 3 En els casos en què la fallada (col·lapse) estructural pugui afectar les persones (cas normal), a més dels criteris econòmics, l'estructura ha d'acomplir els requisits relacionats amb la fiabilitat mínima. En aquests casos, l'optimització condicional es pot portar a terme per a la relació (C.8), sempre que s'acompleixin els requisits deduïts de (C.6) i (C.7).
- 4 En alguns casos, el cost del risc ( $\Sigma(P_f \cdot C_f)$ ) pot estar cobert per una assegurança.

**C.4.3 Valors numèrics**

- 1 Els valors numèrics relatius a la fiabilitat d'una estructura s'expressen sovint en termes de l'índex de fiabilitat,  $\beta$ , relacionat amb la probabilitat de fallada,  $P_f$ , a través de

$$\beta = -\Phi^{-1}(P_f) \quad (\text{C.9})$$

La taula C.1 conté valors numèrics per a la relació entre l'índex de fiabilitat,  $\beta$ , i la probabilitat de fallada,  $P_f$ .

Taula C.1		Relació entre l'índex de fiabilitat, $\beta$ , i la probabilitat de fallada, $P_f$					
$P_f$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$
$\beta$	1,3	2,3	3,1	3,7	4,2	4,7	5,2

- 2 Els valors numèrics de la probabilitat de fallada (i dels corresponents índexs de fiabilitat) a què fan referència els principis de C.3 i que es poden determinar segons els mètodes esmentats a C.5, representen valors nominals i no descriuen la freqüència real de fallades estructurals. Les diferències substancials entre la probabilitat de fallada nominal i la freqüència real de fallades estructurals són degudes, d'una banda, al fet que en realitat les fallades tenen l'origen, en molts casos, en errors humans i, d'altra banda, a les simplificacions introduïdes a través dels models.

A causa que les probabilitats de fallada s'han d'interpretar com a valors nominals, les probabilitats de fallada admissibles s'han de basar en els resultats d'un calibratge. La utilització de valors d'aquest tipus per caracteritzar la fiabilitat requerida d'una estructura està relacionada amb un conjunt coherent i específic de models probabilistes i de models estructurals. No és admissible



## Document bàsic SE Seguretat estructural

la utilització de valors calibrats per a la probabilitat de fallada admissible (o per a l'índex de fiabilitat requerit) en combinació amb altres models, ja que condueix a resultats distorsionats quant al nivell de fiabilitat.

- 3 La taula C.2 representa valors calibrats per a l'índex de fiabilitat requerit, referits a tot el període de servei de l'estructura, en funció de les conseqüències d'una fallada estructural i del cost relatiu d'un increment de la fiabilitat.

**Taula C.2 Valors nominals, referits a tot el període de servei, per a l'índex de fiabilitat requerit**

Cost relatiu per incrementar la fiabilitat	Conseqüències d'una fallada estructural			
	menyspreables	petites	moderades	grans
elevat	0	1,5	2,3	3,1
moderat	1,3	2,3	3,1	3,8
baix	2,3	3,1	3,8	4,3

Els valors de la taula C.2 s'han deduït aplicant els mètodes dels valors de càlcul (C.6), adoptant les hipòtesis següents per a les funcions de distribució dels models probabilistes:

- models de resistència lognormal o Weibull
  - accions permanents normal
  - accions variables Gumbel.
- 4 Els valors recomanats per a l'índex de fiabilitat requerit, referits a tot el període de servei de l'estructura, són:
- per a estats límit de servei
    - reversibles  $\beta = 0$
    - irreversibles  $\beta = 1,5$
  - per a fatiga  $\beta = 2,3$  a  $3,1$  (en funció de les possibilitats d'inspecció)
  - per a estats límit últims  $\beta = 3,1; 3,8; 4,3$

La utilització d'aquests valors als efectes d'una anàlisi probabilista explícita requereix necessàriament l'adopció de les mateixes hipòtesis en què es basen els valors nominals de la taula C.2.

## C.5 Determinació de probabilitats de fallada

### C.5.1 Problemàtica general

- 1 En termes generals, la determinació de la probabilitat de fallada requereix establir la probabilitat

$$P_f = P\left\{\bigcup \bigcap g_{ij}(X, t) < 0 \text{ per a } t \in [0, T]\right\} \quad (\text{C.10})$$

on:

$g_{ij}$  són les funcions de fallada (funcions límit) en l'espai de les variables bàsiques

$i$  és el número del mode de fallada

$j$  és el número de l'element.

$g_{i1} \leq 0$ ,  $g_{i2} \leq 0$ , etc. especifica una seqüència de fallada estructural per a un determinat mode de fallada,  $i$ .

- La dependència del temps pot estar relacionada amb les accions i influències, o amb la resistència (per exemple, a causa d'un mecanisme de deteriorament).
- Algunes de les variables  $X$  poden ser funcions del temps i de coordenades espacials.

### C.5.2 Problemes invariables en el temps

- 1 En els casos en què totes les variables  $X$  es puguin considerar invariables en el temps, la probabilitat de fallada,  $P_f$ , es determina a partir de la relació

$$P_f = \int_{DF} f_x(\underline{x}) d\underline{x} \quad (C.11)$$

on:

$f_x(\underline{x})$  és la funció de densitat de probabilitat conjunta de les variables aleatòries bàsiques  $X$  (no processos aleatoris)

$DF$  és el domini de fallada

En general, els dominis de fallada queden definits per les interseccions i unions dels dominis caracteritzats per:

$$g_{ij}(\underline{X}) \leq 0 \quad (C.12)$$

- 2 Els valors numèrics de la probabilitat de fallada es poden determinar mitjançant:
  - a) mètodes analítics exactes;
  - b) mètodes d'integració numèrica;
  - c) mètodes analítics aproximats (FORM: First Order Reliability Method; FOSM: First Order Second Moment Method; SORM: Second Order Reliability Method);
  - d) mètodes de simulació.

En alguns casos es pot utilitzar una combinació dels diferents mètodes.

### C.5.3 Transformació de problemes variables en problemes invariables en el temps

- 1 Es poden distingir dos tipus de problemes variables en el temps:
  - a) fallades degudes a una sobrecàrrega;
  - b) fallades per acumulació de danys (per exemple, fatiga, corrosió).

La dependència del temps és deguda a la variabilitat en el temps de les accions i influències i/o de la resistència (mecanismes de deteriorament).

En general, les accions, influències o resistències que siguin variables en el temps, s'han de representar a través de processos estocàstics.
- 2 En el cas d'una fallada a causa d'una sobrecàrrega, el procés pot ser substituït per una distribució probabilista representant la incertesa per al període de temps per al qual s'ha de determinar la probabilitat de fallada.
 

A aquest efecte, el valor mitjà es pot adoptar com el valor màxim esperat en el període de referència. Per a la incertesa aleatòria es pot adoptar la corresponent al valor màxim esperat.
- 3 La funció utilitzada per descriure una fallada per fatiga es pot expressar, per exemple, en els termes de les corbes SN i de la regla de Palmgren-Miner. D'aquesta manera, i si es refereix a un determinat període de temps, la funció és invariable en el temps.

## C.6 Mètodes basats en la determinació dels valors de càlcul

### C.6.1 Generalitats

- 1 L'estat límit considerat es pot establir mitjançant un model de càlcul en termes d'una o diverses funcions  $g(\dots)$  d'un conjunt de variables  $X_1, X_2, \dots, X_n$  relatives a les accions, les característiques dels materials, etc. En aquest cas, la condició d'absència de la fallada de l'estructura associada amb l'estat límit considerat, es pot expressar en la forma

$$g(X_1, X_2, \dots, X_n) \geq 0 \quad (C.13)$$

- 2 Als efectes de la verificació de l'estat límit considerat, la condició (C.13) es pot expressar en termes dels valors de càlcul de les variables

$$g(x_{1d}, x_{2d}, \dots, x_{nd}) \geq 0 \quad (C.14)$$

$x_{1d}, x_{2d}, \dots, x_{nd}$  valors de càlcul de les variables  $X_1, X_2, \dots, X_n$  (segons C.6.2).

### C.6.2 Valors de càlcul segons el mètode FORM

- 1 El valor de càlcul  $x_{id}$  de la variable  $X_i$  depèn de:

## Document bàsic SE Seguretat estructural

- a) els paràmetres de la variable  $X_i$ ;  
 b) el tipus de distribució probabilista suposada;  
 c) l'índex de fiabilitat,  $\beta$ , requerit per a l'estat límit i la situació de dimensionament considerats;  
 d) un factor  $\alpha_i$  que descriu la sensibilitat de la probabilitat de fallada, associada amb l'estat límit i la situació de dimensionament considerats, respecte a la variació de  $X_i$ .
- 2 Per a una distribució arbitrària  $F(x_i)$ , els valors de càlcul es defineixen per

$$F(x_{id}) = \Phi(-\alpha_i \beta) \quad (C.15)$$

Per a variables  $X_i$  amb una distribució normal, s'obté

$$x_{id} = \mu_i (1 - \alpha_i \cdot \beta \cdot V_i) \quad (C.16)$$

on:

$\mu_i$  és el valor mitjà de la variable  $X_i$

$V_i$  és el coeficient de variació de la variable  $X_i$ .

Per a variables  $X_i$  amb una distribució lognormal, s'obté

$$x_{id} = \xi_i e^{(-\alpha_i \cdot \beta \cdot v_i)} \quad (C.17)$$

on:

$$\xi_i = \frac{\mu_i}{\sqrt{1 + V_i^2}}$$

$$v_i = \sqrt{\ln(1 + V_i^2)}$$

Per a valors petits de  $V_i$ , per exemple  $V_i \leq 0,25$ , es pot suposar:

$$\xi_i \approx \mu_i$$

$$v_i \approx V_i$$

### C.6.3 Factors de sensibilitat segons el mètode FORM

- 1 Si les variables aleatòries són estadísticament independents, els factors de sensibilitat,  $\alpha_i$ , que s'han d'utilitzar en una anàlisi mitjançant el mètode FORM, tenen les propietats següents:

$$-1 \leq \alpha_i \leq 1 \quad (C.18)$$

$$\sum \alpha_i^2 = 1 \quad (C.19)$$

- 2 En principi, els valors de  $\alpha_i$  s'han de determinar a partir d'una anàlisi, mitjançant el mètode FORM, d'un conjunt representatiu d'obres. Aquest procediment requereix uns càlculs iteratius laboriosos, per la qual cosa no es presta per a aplicacions pràctiques. Per aquest motiu, la taula C.3 conté un conjunt de valors normalitzats per a  $\alpha_i$ , basats en l'experiència.

Taula C.3 Valors normalitzats per als factors de sensibilitat  $\alpha_i$

	Variable $X_i$	Factor de sensibilitat $\alpha_i$
Resistència	Variable dominant de resistència	0,8
	Altres variables de resistència	$0,4 \cdot 0,8 = 0,32$
Accions / influències	Acció / influència dominant	- 0,7
	Altres variables relatives a accions / influències	$- 0,4 \cdot 0,7 = -0,28$

A causa de l'adopció d'unes hipòtesis conservadores, els valors indicats a la taula C.3 no compleixen la condició (C.19). Per tal de limitar els errors comesos en aplicar aquests valors, s'ha de complir la condició següent:

$$0,16 < \frac{\sigma_{E1}}{\sigma_{R1}} < 6,6 \quad (\text{C.20})$$

on:

$\sigma_{E1}$  és la desviació típica de la variable corresponent a l'acció / influència dominant

$\sigma_{R1}$  és la desviació típica de la variable dominant de resistència.

- 3 En efectuar una anàlisi estructural, no és possible saber per endavant quina de les variables s'ha de considerar com a dominant. A aquest efecte, s'ha d'efectuar l'anàlisi adoptant com a dominant cadascuna de les variables, amb la finalitat de deduir segons quina d'aquestes es regeix el problema.

## C.7 El format dels coeficients parcials

### C.7.1 Coeficients parcials basats en valors de càlcul

- 1 Els mètodes probabilistes implícits que s'utilitzen normalment en la pràctica als efectes del dimensionament de les estructures, no utilitzen directament valors de càlcul per a les variables,  $x_d$ . Les variables aleatòries s'introdueixen mitjançant els seus valors representatius (segons 3), que s'utilitzen amb un conjunt de coeficients parcials per a les accions i influències i per a la resistència (segons 4).

- 2 En la majoria dels casos, la condició que s'ha de complir es pot expressar en els termes següents

$$g(x_d) = R_d - E_d \geq 0 \quad (\text{C.21})$$

on:

$E_d$  és el valor de càlcul dels efectes de les accions / influències

$R_d$  és el valor de càlcul de la resistència corresponent.

- 3 Els valors de càlcul dels efectes de les accions / influències i de la resistència, respectivament, es poden expressar a través de

$$E_d = E(F_d, \underline{a}_d, \underline{\theta}_d, \dots) \quad (\text{C.22})$$

$$R_d = R(f_d, \underline{a}_d, \underline{\theta}_d, \dots) \quad (\text{C.23})$$

on:

$F_d$  són els valors de càlcul de les accions / influències

$\underline{a}_d$  són els valors de càlcul de les dimensions geomètriques

$\underline{\theta}_d$  són els valors de càlcul dels coeficients d'incertesa dels models

$f_d$  són els valors de càlcul de les propietats dels materials.

- 4 Els valors de càlcul de les diferents variables es determinen a partir de les relacions següents

- a) Valor de càlcul d'una acció / influència

$$F_d = \gamma_f \cdot F_k \quad (\text{C.24a})$$

$$F_d = \gamma_f \cdot \psi_0 \cdot F_k \quad (\text{C.24b})$$

on:

$F_k$  és el valor característic d'una acció / influència

$\gamma_f$  és el coeficient parcial per a la mateixa acció / influència

$\psi_0$  és el coeficient per al valor de combinació d'una acció variable.

- b) Valor de càlcul d'una propietat d'un material

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} \quad (\text{C.25})$$

on:

$f_k$  és el valor característic d'una propietat d'un material

$\gamma_m$  coeficient parcial per a la mateixa propietat del material

c) Valor de càlcul d'una dimensió geomètrica

$$a_d = a_{nom} \pm \Delta a \quad (C.26)$$

on:

$a_{nom}$  és el valor nominal de la dimensió

$\Delta a$  és la desviació de la dimensió del seu valor nominal

d) Valor de càlcul del coeficient d'incertesa d'un model

Normalment, els valors de càlcul dels coeficients d'incertesa dels models s'introdueixen en els càlculs a través dels coeficients parcials, respectivament per al model dels efectes de les accions,  $\gamma_{rd}$ , i per al model de resistència,  $\gamma_{rd}$ :

$$E_d = \gamma_{Ed} \cdot E(\gamma_f \cdot F_k, \gamma_f \cdot \psi_0 \cdot F_k, a_{nom} \pm \Delta a, \dots) \quad (C.27)$$

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot R\left(\frac{f_k}{\gamma_m}, a_{nom} \pm \Delta a, \dots\right) \quad (C.28)$$

5 Els coeficients parcials es poden deduir a partir dels valors de càlcul de les variables, determinats per exemple segons C.6, d'acord amb les relacions:

$$\gamma_f = \frac{F_d}{F_k} \quad (C.29)$$

$$\gamma_m = \frac{f_k}{f_d} \quad (C.30)$$

6 Des d'un punt de vista pràctic, el format anterior per a la determinació dels valors de càlcul dels efectes de les accions i de la resistència condueix a càlculs laboriosos. Per aquest motiu es poden adoptar les simplificacions següents:

a) per als efectes de les accions i de les influències

$$E_d = E(\gamma_F \cdot F_k, a_{nom}) \quad (C.31)$$

b) per a la resistència

$$R_d = R\left(\frac{f_k}{\gamma_M}, a_{nom}\right) \text{ o alternativament} \quad (C.32a)$$

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} \cdot R(f_k, a_{nom}) \quad (C.32b)$$

En aquests casos, els coeficients parcials  $\gamma_F$  i  $\gamma_M$  o  $\gamma_R$  s'han de calibrar de manera que (C.31) i (C.32) condueixin als mateixos resultats que les equacions originals.

### C.7.2 Coeficients parcials calibrats

1 Partint d'un format arbitrari de coeficients parcials, l'objectiu del calibratge consisteix en la deducció de coeficients parcials de manera que la fiabilitat estructural resultant es desvii tan poc com sigui possible de la fiabilitat requerida i predefinida.

2 El procés de calibratge consta dels passos següents:

a) Definició d'un format de coeficients parcials

$$g\left(\frac{f_{k1}}{\gamma_{m1}}, \frac{f_{k2}}{\gamma_{m2}}, \dots, \gamma_{f1} \cdot F_{k1}, \gamma_{f2} \cdot F_{k2}, \dots\right) \geq 0 \quad (C.33)$$

on:

$f_{ki}$  és el valor característic d'una propietat (per exemple la resistència) del material i

$\gamma_{mi}$  és el coeficient parcial per a la mateixa propietat del material i

$F_{kj}$  és el valor característic (representatiu) de l'acció j

$\gamma_{fj}$  és el coeficient parcial per a l'acció j

## Document bàsic SE Seguretat estructural

- b) Selecció d'un conjunt de n elements estructurals representatius que cobreixin adequadament el camp d'aplicació dels models a calibrar quant a:
- els tipus d'accions;
  - les dimensions de les estructures;
  - els materials constitutius;
  - els estats límit considerats.
- c) Dimensionament dels n elements estructurals representatius, aplicant un conjunt de coeficients parcials ( $\gamma_{m1}, \gamma_{m2}, \dots, \gamma_{f1}, \gamma_{f2}, \dots$ ). A cadascun dels elements així dimensionats li correspon un nivell de fiabilitat, expressat per exemple en termes d'índex  $\beta$ , que es desvia més o menys de la fiabilitat requerida i predefinida,  $\beta_t$ .
- d) La desviació entre el nivell de fiabilitat dels n elements i la fiabilitat requerida es pot expressar en els termes següents

$$D = \sum_{k=1}^n [\beta_k(\gamma_{mi}, \gamma_{fj}) - \beta_t]^2 \quad (C.34)$$

on:

$\beta_t$  és el valor requerit de l'índex de fiabilitat

$\beta_k$  és l'índex de fiabilitat corresponent a l'element k, dimensionat amb els coeficients parcials ( $\gamma_{m1}, \gamma_{m2}, \dots, \gamma_{f1}, \gamma_{f2}, \dots$ ).

- e) Selecció del conjunt de coeficients parcials que condueixi al valor mínim de D.
- f) Alternativament, el nivell de fiabilitat es pot expressar en termes de la probabilitat de fallada.
- 3 En els casos en què els n elements estructurals tinguin importàncies relatives desiguals, D es pot determinar introduint uns factors d'importància. Els valors que sobrepassin el valor admissible de la probabilitat de fallada s'han de penalitzar més que els valors que es quedin per sota de la probabilitat de fallada admissible.

## Annex D Avaluació estructural d'edificis existents

### D.1 Generalitats

#### D.1.1 Àmbit d'aplicació

- 1 Aquest annex defineix les bases i els procediments per a l'avaluació estructural d'edificis existents, en concordança amb els principis de l'anàlisi de la seguretat estructural. Si bé els conceptes bàsics per a l'anàlisi de la seguretat estructural d'un edifici estan establerts a l'annex C, en l'avaluació estructural d'edificis existents hi pot haver un major grau de diferenciació de la seguretat que per al dimensionament estructural d'edificis de nova construcció, a causa de consideracions de tipus econòmic, social o mediambiental.
- 2 Els criteris generals establerts en aquest annex són aplicables per a l'avaluació estructural de qualsevol tipus d'edifici existent, si es compleix alguna de les condicions següents:
  - a) s'ha concebut, dimensionat i construït d'acord amb les regles en vigor en el moment de la seva realització;
  - b) s'ha construït d'acord amb la bona pràctica, l'experiència històrica i la pràctica professional acceptada.
- 3 L'avaluació de la seguretat estructural en cas d'incendi està fora de l'abast d'aquest annex. No obstant això, l'avaluació de la seguretat estructural després d'un incendi es pot realitzar d'acord amb les regles incloses aquí.

#### D.1.2 Consideracions prèvies

- 1 No és adequada la utilització directa de les normes i les regles establertes en aquest CTE en l'avaluació estructural d'edificis existents, construïts sobre la base de regles anteriors a les actuals per als edificis de nova construcció, pels motius següents:
  - c) tota avaluació s'ha de realitzar tenint en compte les característiques i les condicions reals de l'edifici (cosa que normalment no està considerada en les normes de dimensionament que incorporen la incertesa associada al procés);
  - d) les normes actuals solen estar basades en exigències diferents i generalment més estrictes que les vigents en el moment en què es va projectar l'edifici, per la qual cosa molts edificis existents es classificarien com a no fiables si s'avaluessin segons les normes actuals;
  - e) es pot considerar, en molts casos, un període de servei reduït, cosa que es tradueix també en una reducció de les exigències;
  - f) es poden utilitzar models d'anàlisi més afinats (a través d'inspeccions, assajos, mesuraments in situ o consideracions teòriques), fet que pot aportar beneficis addicionals.

### D.2 Criteris bàsics per a l'avaluació

#### D.2.1 Procediment

- 1 L'avaluació estructural d'un edifici existent s'ha de realitzar, normalment, mitjançant una verificació quantitativa de la seva capacitat portant i, si s'escau, de la seva aptitud al servei, tenint en compte els processos de deteriorament possibles. Per fer-ho, es pot adoptar un procediment d'avaluació per fases que tingui en compte les condicions actuals de l'edifici, definint cadascuna de les fases en funció de les seves circumstàncies i condicions específiques com ara la disponibilitat del projecte original, l'observació de danys estructurals, l'ús de l'edifici, etc., i dels objectius de l'avaluació (D.2.3). En cadascuna de les fases s'incrementa la precisió de les hipòtesis per a l'avaluació, així com el grau de detallisme dels mètodes d'anàlisi respecte de la fase anterior.
- 2 En edificis en què no resulti possible o sigui poc fiable una verificació quantitativa, o quan l'edifici hagi demostrat un comportament satisfactori en el passat, es pot realitzar una avaluació qualitativa de la capacitat portant i de l'aptitud al servei d'acord amb els criteris enumerats a D.6.
- 3 El procés d'avaluació es considera finalitzat quan en alguna de les fases s'arriba a una conclusió inequívoca sobre la seguretat estructural de l'edifici o sobre les mesures que s'han d'adoptar. En

els casos en què no resulti possible verificar una capacitat portant o una aptitud al servei adequada, l'informe final ha de contenir també les recomanacions necessàries sobre les mesures que s'han d'adoptar.

### D.2.2 Fases de l'avaluació

1 Amb caràcter general es poden establir tres fases:

1a fase: Avaluació preliminar, que inclou en general:

- la recopilació i l'estudi de la documentació disponible i, si s'escau, l'aixecament de plànols;
- una inspecció preliminar;
- l'elaboració de les bases per a l'avaluació;
- la verificació preliminar de la capacitat portant i de l'aptitud al servei dels elements estructurals principals.

2a fase: Avaluació detallada, que inclou en general:

- la determinació de l'estat de l'edifici mitjançant una inspecció detallada, inclosa la quantificació de possibles danys;
- l'actualització de la geometria i dels plànols de l'edifici;
- l'actualització de les característiques dels materials;
- l'actualització de les accions;
- l'actualització de les bases per a l'avaluació;
- l'anàlisi estructural;
- la verificació de la capacitat portant i de l'aptitud al servei.

3a fase: Avaluació avançada, amb mètodes d'anàlisi de la seguretat, que inclou en general:

- la determinació de les situacions de dimensionament determinants;
- l'adquisició, si s'escau, de més dades sobre les característiques de l'estructura o dels materials, o sobre les accions;
- la determinació dels models probabilistes de les variables;
- l'anàlisi estructural;
- la verificació amb mètodes de seguretat.

### D.2.3 Especificació dels objectius

1 Abans d'iniciar l'avaluació se n'han d'establir els objectius de forma clara, en termes de les prestacions futures de l'edifici, definides aquestes a partir de les exigències següents:

- a) el nivell de seguretat en relació amb la resistència i l'estabilitat estructural;
- b) la garantia de continuïtat del funcionament en edificis d'especial importància, com ara hospitals, centres de comunicació o similars;
- c) les exigències específiques de la propietat en relació amb la protecció dels béns (protecció enfront de pèrdues econòmiques) o amb l'aptitud al servei. El nivell d'aquestes exigències es basa normalment en requisits funcionals específics i en criteris d'optimització.

## D.3 Recopilació d'informació

### D.3.1 Determinació de l'estat actual

1 Prèviament a l'avaluació d'un edifici existent se n'ha de determinar l'estat actual, recollint tota la informació relativa a:

a) Les accions de tot tipus, directes o indirectes (influències), amb els criteris següents:

- El pes propi dels elements es pot comprovar en obra i adaptar-se, en conseqüència, els valors adoptats inicialment, d'acord amb la informació prèvia;
- Les sobrecàrregues d'ús depenen de l'ús futur de l'obra, i es poden adoptar, als efectes de l'avaluació, models específics adaptats al cas estudiat (normalment menys conservadors que els models corresponents segons el CTE). En aquests casos, s'han d'adoptar disposicions addicionals amb la finalitat d'assegurar que no se sobrepassin els valors extrems establerts;



## Document bàsic SE Seguretat estructural

- Les accions climàtiques que s'han de tenir en compte es poden determinar a partir de mesuraments directes efectuats en estacions meteorològiques representatives per a l'obra objecte de l'avaluació estructural, durant un període de temps adequat. En aquest cas, en la determinació d'aquestes accions s'ha de tenir en compte que els seus efectes extrems no es poden deduir directament dels valors mesurats. En l'ajust dels valors extrems es pot tenir en compte el període de servei restant;
  - S'han de tenir en compte les influències ambientals d'origen físic, químic o biològic que puguin afectar les característiques dels materials o la resistència dels elements estructurals, així com els possibles canvis que s'hi puguin produir com a conseqüència d'una intervenció. En els casos en què hi hagi incerteses, s'han de determinar mitjançant inspeccions, assajos o mesuraments.
- b) Les dimensions de l'obra, recopilant les dades de la mateixa obra i dels elements estructurals, quan la informació disponible no tingui aquestes dades, quan s'hagin realitzat modificacions i no hi hagi documentació fiable per al cas, o quan s'observin discrepàncies entre la informació disponible i la situació real.
- c) Característiques dels materials utilitzats. Quan les característiques dels materials no es puguin deduir de manera fiable a partir de la informació disponible, s'han de determinar mitjançant assajos no destructius o destructius a partir de mostres estadísticament representatius, que tinguin en compte l'ús de l'edifici, així com les influències ambientals.
- d) El sistema estàtic i el comportament estructural, amb els criteris següents:
- s'han de comprovar en obra les condicions de tot tipus que resultin determinants per al comportament estructural, com les condicions de suport, encastaments, llibertat de moviment de suports i juntures o la capacitat de deformació.
  - quan es determini experimentalment el comportament estructural (estàtic o dinàmic) d'un edifici, en l'avaluació i la interpretació dels resultats s'ha de tenir en compte que els assajos es realitzen amb càrregues de servei, mentre que la capacitat portant s'ha d'avaluar per a estats més avançats de càrrega.
- e) els danys i anomalies existents: deformacions, desplaçaments, corrosió, fatiga i envelliment en general.

**D.3.2 Avaluació dels assajos i representació dels resultats**

- 1 Quan el nombre de resultats sigui reduït, l'aplicació dels mètodes clàssics de l'estadística pot conduir a valors conservadors, a causa de la influència dels errors d'estimació. En aquests casos, si es disposa d'informació prèvia, aquesta es podria combinar amb els resultats obtinguts, per millorar la informació.
- 2 La representació dels resultats obtinguts en l'avaluació dels assajos o dels mesuraments depèn del mètode d'anàlisi utilitzat, semiprobabilista o probabilista.
- 3 Quan es realitzi una anàlisi semiprobabilista, l'objectiu de l'avaluació dels assajos o dels mesuraments és la determinació del valor representatiu de la variable corresponent. La definició del valor representatiu depèn de la variable considerada, i ha de ser consistent amb la definició del coeficient parcial corresponent. Llevat que hi hagi informació en sentit contrari, la definició del valor representatiu d'una variable s'ha de correspondre amb l'indicat a 3.3.
- 4 Quan es realitzi una anàlisi probabilista, les variables que intervenen en una verificació es representen mitjançant les corresponents funcions de densitat de probabilitat. En molts casos, aquestes funcions poden ser caracteritzades a través dels seus principals paràmetres (valor mitjà, desviació típica, tipus de distribució). A falta d'una anàlisi més detallada, a les variables se'ls ha d'assignar el mateix tipus de distribució que s'hagi tingut en compte en el calibratge dels models per a les accions i per a la resistència estructural d'edificis de nova construcció (annex C).

**D.3.3 Bases de càlcul**

- 1 S'han de revisar i, segons el cas, adaptar o completar les situacions de dimensionament que s'hagin considerat en el projecte original, tenint en compte els danys i anomalies observats, així com la incidència que aquests puguin tenir sobre els possibles mecanismes de fallada. Quan no es disposi de les bases de càlcul del projecte original, s'han d'establir les situacions de dimensionament als efectes de l'avaluació.

- 2 Les situacions de dimensionament, així com les mesures previstes per assolir les exigències relatives a la capacitat portant i a l'aptitud al servei, s'han de reflectir en les bases de càlcul actualitzades.

#### **D.3.4 Control de riscos: inspecció i planificació de mesures**

- 1 Es poden considerar acceptables certs riscos, ja sigui per la baixa freqüència d'esdeveniment de les situacions que estiguin en el seu origen, o bé perquè les conseqüències en cas de produir-se una d'aquestes situacions resultin prou petites. L'acceptació d'aquests riscos requereix l'adopció de mesures addicionals d'inspecció i de control (observació, inspeccions periòdiques, mesuraments de control, monitorització), amb l'objectiu de detectar els possibles danys o anomalies en un estat primerenc, per tal de poder adoptar les mesures adequades que mitiguin els riscos abans que es pugui produir un esdeveniment no desitjat. Els riscos acceptats s'han de reflectir en la memòria.
- 2 L'abast i la intensitat de les mesures d'inspecció i de control, així com les mesures per a la reducció de les conseqüències dels riscos acceptats, s'han de determinar en funció de les característiques i de la importància de l'obra, així com en funció del tipus i de les característiques d'aquests riscos.

#### **D.4 Anàlisi estructural**

- 1 Per a l'anàlisi estructural d'un edifici existent s'han d'utilitzar models que reflecteixin adequadament l'estat actual de l'edifici i tinguin en compte els processos de deteriorament que puguin resultar importants. Les incerteses associades amb els models s'han de tenir en compte mitjançant coeficients parcials adequats en anàlisis semiprobabilistes i mitjançant la introducció d'una variable del model en anàlisis probabilistes.
- 2 La influència dels efectes d'escala o de forma, de la durada de l'aplicació d'una càrrega, de la temperatura o de la humitat s'han de tenir en compte mitjançant coeficients de conversió.
- 3 En l'anàlisi s'ha de tenir en compte el nivell d'incertesa relatiu a les condicions i a l'estat dels elements. A aquest efecte, es pot ajustar la dispersió assumida, entre d'altres, per a la capacitat portant dels elements, o per a les dimensions de les seves seccions transversals.
- 4 Si s'observa el deteriorament estructural d'un edifici existent, s'han d'identificar els mecanismes de deteriorament i determinar models de deteriorament que permetin predir el seu comportament futur.

#### **D.5 Verificació**

##### **D.5.1 Generalitats**

- 1 Les exigències relatives a la capacitat portant i a l'aptitud al servei depenen del període de servei restant que s'estimi. Les verificacions de la capacitat portant i de l'aptitud al servei s'han d'efectuar sobre la base de les situacions de dimensionament actualitzades.
- 2 L'avaluació de la capacitat portant d'un edifici existent s'ha d'efectuar tenint en compte la seva capacitat de deformació així com el seu mode de fallada previsible. En particular, s'ha de determinar si és possible una redistribució dels esforços i si a una imminent fallada li precedirien deformacions importants.
- 3 En els casos en què, durant el període de servei restant, es puguin produir situacions extraordinàries, aquestes s'han de tenir en compte en la verificació de la capacitat portant.
- 4 Si durant el període de servei restant actuen sobre l'edifici càrregues variables repetides o si es poden produir vibracions per ressonància, s'ha de realitzar una verificació de la seguretat davant de la fatiga.

##### **D.5.2 Verificació de la capacitat portant**

###### **D.5.2.1 Avaluació preliminar**

- 1 La verificació de la capacitat portant per al període de servei restant s'ha de realitzar a partir dels valors representatius actualitzats de les accions i de la informació actualitzada sobre l'estructura, adoptant els coeficients parcials de seguretat per a les accions i per a la resistència d'acord amb el que estableixen l'apartat 4.2 i els documents bàsics de seguretat estructural dels diferents materials.

#### D.5.2.2 Avaluació detallada

- 1 La verificació de la capacitat portant per al període de servei restant s'ha de realitzar a partir dels valors representatius actualitzats de les accions i de la informació actualitzada sobre l'estructura, adoptant coeficients parcials de seguretat particularitzats per a les accions i per a la resistència. Per a la determinació d'aquests coeficients particularitzats s'ha de tenir en compte la influència dels canvis –deguts a l'adquisició d'informació– en les incerteses associades amb les variables.
- 2 Els coeficients parcials particularitzats s'han de calibrar perquè siguin consistents amb el nivell requerit de seguretat estructural. Normalment són menys conservadors que els coeficients corresponents inclosos en els documents bàsics corresponents per al dimensionament en edificis de nova construcció.

#### D.5.2.3 Avaluació avançada amb mètodes probabilistes

- 1 La seguretat estructural d'un edifici es pot quantificar en termes de la seva fiabilitat, que ha de tenir en compte les incerteses associades amb les diferents variables bàsiques. Aquesta fiabilitat es representa a través d'una probabilitat de fallada.
- 2 En l'estat actual dels coneixements no és possible definir un valor únic per a la probabilitat de fallada admissible. Es considera que un edifici correctament dimensionat i construït segons un conjunt consistent de regles per a la determinació de la resistència i de les accions, corresponents a l'estat de la pràctica en un determinat moment, és fiable en aquest moment i en el marc d'aquestes regles.
- 3 L'avaluació estructural d'un edifici existent amb mètodes probabilistes requereix els passos següents:
  - a) dimensionament estricte de l'estructura que es vol avaluar segons un conjunt consistent de normes d'accions i de resistència que estiguin en vigor;
  - b) determinació de la probabilitat de fallada de l'estructura dimensionada en a), considerant per a les variables bàsiques els paràmetres que estan implícits en les especificacions de les normes utilitzades. La probabilitat de fallada obtinguda d'aquesta manera és la probabilitat de fallada admissible segons les normes utilitzades;
  - c) determinació de la probabilitat de fallada de l'estructura que es vol avaluar, utilitzant els paràmetres actualitzats de les variables que intervenen en els càlculs.
- 4 L'estructura avaluada té una seguretat estructural adequada si la probabilitat de fallada de l'estructura avaluada és menor o igual a la probabilitat de fallada admissible.

#### D.5.3 Verificació de l'aptitud al servei

- 1 Una estructura o un element estructural té un comportament adequat per al període de servei restant en relació amb un determinat criteri, si per a les situacions de dimensionament considerades es compleix que l'efecte de les accions no assoleix el valor límit establert per a aquest efecte. La verificació s'ha de realitzar a partir dels valors representatius actualitzats de les accions i de la informació actualitzada sobre l'estructura.
- 2 Els efectes de les accions s'han de determinar d'acord amb els objectius de l'avaluació establerts, tenint en compte els valors representatius actualitzats de les accions i de totes les influències pertinents, així com la informació actualitzada de l'estructura. En absència d'acords específics, aquests efectes s'han de determinar segons l'apartat 4.3.
- 3 Els valors límit per als diferents efectes de les accions han d'estar en concordança amb l'objectiu de cada verificació i s'han de determinar per a cada cas. En absència d'acords específics, s'han d'adoptar com a valors límit els valors nominals segons 4.3.
- 4 La verificació de l'aptitud al servei es pot realitzar mitjançant mètodes probabilistes, utilitzant els paràmetres actualitzats de les variables que intervenen en els càlculs.

### D.6 Avaluació qualitativa

#### D.6.1 Capacitat portant

- 1 Es pot suposar que un edifici que hagi estat dimensionat i construït d'acord amb les regles de normes antigues té una capacitat portant adequada si es compleixen les condicions següents:

---

Document bàsic SE Seguretat estructural

---

- a) l'edifici s'ha utilitzat durant un període de temps prou llarg sense que s'hagin produït danys o anomalies (desplaçaments, deformacions, fissures, corrosió, etc.);
  - b) una inspecció detallada no reveli cap indicatiu de danys o deteriorament;
  - c) la revisió del sistema constructiu permeti assegurar una transmissió adequada de les forces, especialment a través dels detalls crítics;
  - d) tenint en compte el deteriorament previsible així com el programa de manteniment previst es pot anticipar una durabilitat adequada;
  - e) durant un període de temps prou llarg no s'han produït canvis que puguin haver incrementat les accions sobre l'edifici o haver afectat la seva durabilitat;
  - f) durant el període de servei restant no es prevegin canvis que puguin incrementar les accions sobre l'edifici o afectar la seva durabilitat de manera significativa.
- 2 Una avaluació qualitativa de la capacitat portant d'un edifici existent pot ser insuficient per a situacions de dimensionament extraordinàries.
  - 3 El comportament d'un edifici la capacitat portant del qual hagi estat avaluada qualitativament s'ha de controlar periòdicament durant el període de servei restant. Per fer-ho, s'han d'utilitzar els mitjans que s'estimin necessaris, depenent de les característiques de l'estructura, així com de les accions i influències que actuin sobre aquesta i del seu estat.

#### D.6.2 Aptitud al servei

- 1 Un edifici que hagi estat dimensionat i construït d'acord amb les regles de normes antigues es pot considerar apte per al servei si es compleixen les condicions següents:
  - a) l'edifici s'ha comportat satisfactòriament durant un període de temps prou llarg sense que s'hagin produït danys o anomalies, i sense que s'hagin produït deformacions o vibracions excessives;
  - b) una inspecció detallada no reveli cap indicatiu de danys o deteriorament, ni de deformacions, desplaçaments o vibracions excessives;
  - c) durant el període de servei restant no es prevegin canvis que puguin alterar significativament les accions sobre l'edifici o afectar la seva durabilitat;
  - d) tenint en compte el deteriorament previsible així com el programa de manteniment previst es pugui anticipar una durabilitat adequada.

#### D.7 Resultats de l'avaluació

- 1 Els resultats de l'avaluació s'han de documentar en un informe que ha d'incloure els treballs efectuats, que tractin almenys els aspectes següents:
  - a) objectius de l'avaluació;
  - b) descripció de l'edifici i dels seus elements estructurals; símptomes i lesions;
  - c) recopilació d'informació i adquisició de dades;
  - d) documentació recopilada i analitzada;
  - e) objectius i planificació;
  - f) realització d'inspeccions, cales i assajos;
  - g) resultats;
  - h) anàlisis;
  - i) verificació;
  - j) diagnòstic;
  - k) opcions d'intervenció;
  - l) recomanacions.
- 2 Quan es demostrï una seguretat estructural adequada, l'edifici es pot continuar usant en les condicions establertes. En aquests casos, s'ha de definir un programa d'inspecció i de manteniment en concordança amb les característiques i la importància de l'obra.
- 3 Quan no es pugui demostrar una seguretat estructural adequada, els resultats de l'avaluació es poden utilitzar per a l'elaboració de les recomanacions oportunes sobre les mesures que calgui adoptar. Segons el cas, aquestes mesures poden ser tecnicoadministratives o constructives. En alguns

casos, les conclusions d'una avaluació preliminar poden aconsellar l'adopció de mesures preventives d'assegurament estructural de l'edifici (D.8).

- 4 Les mesures que calgui adoptar per assegurar, restablir o mantenir la seguretat estructural d'un edifici han de ser planificades adequadament.

## **D.8 Mesures**

### **D.8.1 Mesures d'assegurament estructural**

- 1 En el moment en què l'avaluació realitzada així ho aconselli, especialment en els casos en què no es pugui demostrar una seguretat adequada, s'han d'adoptar mesures d'assegurament estructural de l'edifici, com ara la restricció del seu ús, l'apuntament provisional d'elements estructurals, la posada fora de servei i tancament de l'obra o l'evacuació de les zones que puguin estar afectades per un possible esfondrament, segons correspongui. L'objectiu de les mesures d'assegurament ha de ser primordialment la protecció immediata de les persones o del medi ambient.

### **D.8.2 Mesures tecnicoadministratives**

- 1 En funció dels resultats obtinguts en una avaluació i per tal de controlar, modificar o atenuar els riscos d'origen estructural, pot resultar adequada l'adopció de mesures tecnicoadministratives com ara el control (permanent o periòdic) del comportament estructural o de les condicions d'utilització, la limitació en la utilització de l'edifici, la instal·lació de dispositius automàtics d'avís o de control actiu, la posada a punt de mesures d'emergència o la introducció d'esquemes d'evacuació. Aquestes mesures s'han d'establir per a cada cas, tenint en compte la importància de l'obra, el risc per a les persones o per al medi ambient, el mode de trencament previsible (dúctil o fràgil), les possibilitats de control i limitació dels danys, les diferents alternatives tècnicament viables i el cost absolut o relatiu a l'increment de seguretat.

### **D.8.3 Mesures constructives.**

- 1 Segons els resultats de l'avaluació, pot resultar necessària l'adopció de mesures constructives que incrementin la seguretat estructural de manera que es compleixin les exigències concordes amb els objectius establerts per al període de servei futur, com ara l'increment o la reducció de la resistència d'elements o de seccions, de la rigidesa o de la massa, l'increment de la capacitat de deformació, la instal·lació d'amortidors o el canvi del sistema estàtic.
- 2 Els elements de reforç d'una estructura s'han de dimensionar segons les especificacions per al dimensionament estructural d'edificis de nova construcció. Alternativament, les verificacions relatives als elements de reforç es poden basar en una aplicació directa dels mètodes d'anàlisi de la seguretat.

Document bàsic **SE-A**

---

**Seguretat estructural  
Acer**

---



# Índex

## 1 Generalitats

- 1.1 Àmbit d'aplicació i consideracions prèvies
- 1.2 Condicions particulars per al compliment del DB-SE-A

## 2 Bases de càlcul

- 2.1 Generalitats
- 2.2 Verificacions
- 2.3 Estats límit últims
- 2.4 Estats límit de servei

## 3 Durabilitat

## 4 Materials

- 4.1 Generalitats
- 4.2 Acers en xapes i perfils
- 4.3 Cargols, femelles i volanderes
- 4.4 Materials d'aportació
- 4.5 Resistència de càlcul

## 5 Anàlisi estructural

- 5.1 Generalitats
- 5.2 Models del comportament estructural
- 5.3 Estabilitat lateral global
- 5.4 Imperfeccions inicials
- 5.5 Anàlisi plàstica

## 6 Estats límit últims

- 6.1 Generalitats
- 6.2 Resistència de les seccions
- 6.3 Resistència de les barres

## 7 Estats límit de servei

- 7.1 Deformacions, fletxa i volada
- 7.2 Vibracions
- 7.3 Lliscament d'unions

## 8 Unions

- 8.1 Bases de càlcul
- 8.2 Criteris de comprovació
- 8.3 Rigidesa
- 8.4 Resistència
- 8.5 Resistència dels mitjans d'unió. Unions collades
- 8.6 Resistència dels mitjans d'unió. Unions soldades
- 8.7 Capacitat de rotació
- 8.8 Algunes unions típiques
- 8.9 Unions de perfils buits a les bigues de gelosia

## 9 Fatiga

- 9.1 Generalitats

---

Document bàsic SE-A Acer

---

**10 Execució**

- 10.1 Materials
- 10.2 Operacions de fabricació al taller
- 10.3 Soldadura
- 10.4 Unions collades
- 10.5 Altres tipus de cargols
- 10.6 Tractaments de protecció
- 10.7 Execució de la soldadura i muntatge al taller (tractament de protecció)
- 10.8 Control de fabricació al taller

**11 Toleràncies**

- 11.1 Toleràncies de fabricació
- 11.2 Toleràncies d'execució

**12 Control de qualitat**

- 12.1 Generalitats
- 12.2 Control de qualitat de la documentació del projecte
- 12.3 Control de qualitat dels materials
- 12.4 Control de qualitat de la fabricació
- 12.5 Control de qualitat del muntatge

**13 Inspecció i manteniment**

- 13.1 Inspecció

**Annex A. Terminologia****Annex B. Notació i unitats**

- B.1 Notació
- B.2 Unitats

**Annex C. Fatiga. Mètode de les corbes S-N**

- C.1 Generalitats
- C.2 Símbols
- C.3 Comprovació de la fatiga
- C.4 Comprovació

**Annex D. Normes de referència**



## 1 Generalitats

### 1.1 Àmbit d'aplicació i consideracions prèvies

- 1 Aquest DB és destinat a verificar la seguretat estructural dels elements metàl·lics realitzats amb acer en edificació. No es tenen en compte, per tant, aspectes propis d'altres camps de la construcció (ponts, sitges, xemeneies, antenes, tancs, etc.). Tampoc no es tracten aspectes relatius a elements que, pel seu caràcter específic, requereixen consideracions especials.
- 2 Aquest DB es refereix únicament a la seguretat en condicions adequades d'utilització, inclosos els aspectes relatius a la durabilitat, d'acord amb el DB-SE. La satisfacció d'altres requisits (aïllament tèrmic, acústic, resistència al foc) queda fora del seu abast. Els aspectes relatius a la fabricació, muntatge, control de qualitat, conservació i manteniment es tracten, exclusivament, en la mesura necessària per indicar les exigències que s'han de complir de conformitat amb les hipòtesis establertes en el projecte d'edificació.

### 1.2 Condicions particulars per al compliment del DB-SE-A

- 1 L'aplicació dels procediments d'aquest DB s'ha de portar a terme d'acord amb les condicions particulars que s'hi estableixen, amb les condicions particulars indicades al DB-SE i amb les condicions generals per al compliment del CTE, les condicions del projecte, les condicions en l'execució de les obres i les condicions de l'edifici que apareixen als articles 5, 6, 7 i 8, respectivament, de la part I del CTE.
- 2 La documentació del projecte és la que apareix a l'apartat 2, Documentació del DB-SE; a més, s'hi ha d'incloure:
  - a) les característiques mecàniques considerades per als acers en xapes i perfils, cargols, materials d'aportació, pintures i materials de protecció d'acord amb les especificacions que apareixen a l'apartat 4 d'aquest DB;
  - b) les dimensions a eixos de referència de les barres i la definició de perfils, de les seccions armades, xapes, etc.;les unions (mitjans d'unió, dimensions i disposició dels cargols o cordons) d'acord amb el que es prescriu a l'apartat 8 d'aquest DB.

## 2 Bases de càlcul

### 2.1 Generalitats

- 1 Les especificacions, criteris, procediments, principis i regles que assegurin un comportament estructural adequat d'un edifici d'acord amb les exigències del CTE s'estableixen al DB SE. En aquest DB s'inclouen els aspectes propis dels elements estructurals d'acer.
- 3 Per al tractament d'aspectes específics o de detall la informació continguda en aquest DB es pot ampliar amb el contingut de les normes UNE ENV 1993-1-1:1996, UNE ENV 1090-1:1997, UNE ENV 1090-2:1999, UNE ENV 1090-3:1997, UNE ENV 1090-4:1998.

### 2.2 Verificacions

#### 2.2.1 Tipus de verificació

- 1 Es requereixen dos tipus de verificacions d'acord amb el DB SE 3.2, les relatives a:
  - a) L'estabilitat i la resistència (estats límit últims).
  - b) L'aptitud per al servei (estats límit de servei).

#### 2.2.2 Modelatge i anàlisi

- 1 L'anàlisi estructural s'ha de basar en models adequats de l'edifici d'acord amb el DB SE 3.4.
- 2 S'han de considerar els increments produïts en els esforços per causa de les deformacions (efectes de segon ordre) allí on no resultin negligibles.
- 3 No és necessari comprovar la seguretat davant de fatiga en estructures normals d'edificació que no estiguin sotmeses a càrregues variables repetides de caràcter dinàmic.

S'ha de comprovar la seguretat davant de fatiga dels elements que suporten maquinàries d'elevació o càrregues mòbils o que estan sotmesos a vibracions produïdes per sobrecàrregues de caràcter dinàmic (màquines, vent, persones en moviment).

- 4 En l'anàlisi estructural s'han de tenir en compte les diferents fases de la construcció, incloent l'efecte de l'apuntament provisional dels forjats, si està previst.

S'han de comprovar les situacions transitòries corresponents al procés constructiu si el mode de comportament de l'estructura varia en aquest procés i dona lloc a estats límit diferents dels considerats en les situacions persistents (per exemple, per torsió en elements concebuts per treballar en flexió) o de magnitud clarament diferent de les considerades, per canvis en les longituds o seccions de les peces.

Aquesta comprovació no és necessària en estructures porticades amb nusos rígids o travades si el mode de comportament a què responen els models utilitzats es manté durant tot el procés constructiu i les dimensions al llarg de la fase esmentada són les de la situació final de l'estructura.

### 2.3 Estats límit últims

#### 2.3.1 Condicions que s'han de verificar

Per a la verificació de la capacitat portant s'han de considerar els estats límit últims d'estabilitat i resistència, d'acord amb el DB SE 4.2

### 2.3.2 Efecte de les accions

Per a cada situació de dimensionament, els valors de càlcul de l'efecte de les accions s'han d'obtenir mitjançant les regles de combinació indicades al DB SE 4.2.

### 2.3.3 Coeficients parcials de seguretat per determinar la resistència

- 1 Per als coeficients parcials per a la resistència s'adopten, normalment, els valors següents:
  - a)  $\gamma_{M0} = 1,05$  coeficient parcial de seguretat relatiu a la plastificació del material
  - b)  $\gamma_{M1} = 1,05$  coeficient parcial de seguretat relatiu als fenòmens d'inestabilitat
  - c)  $\gamma_{M2} = 1,25$  coeficient parcial de seguretat relatiu a la resistència última del material o secció i a la resistència dels mitjans d'unió
  - d)  $\gamma_{M3} = 1,1$  coeficient parcial per a la resistència al lliscament d'unions amb cargols pre-tensats en estat límit de servei  
 $\gamma_{M3} = 1,25$  coeficient parcial per a la resistència al lliscament d'unions amb cargols pre-tensats en estat límit últim  
 $\gamma_{M3} = 1,4$  coeficient parcial per a la resistència al lliscament d'unions amb cargols pre-tensats i forats lacerats o amb sobremesura
- 2 Els coeficients parcials per a la resistència davant de fatiga estan definits a l'annex C.

## 2.4 Estats límit de servei

### 2.4.1 Condicions que s'han de verificar

- 1 Es considera que hi ha un comportament adequat, amb relació a les deformacions, les vibracions o el deteriorament si es compleix, per a les situacions de dimensionament pertinents, que l'efecte de les accions no assoleix el valor límit admissible establert per a aquest d'acord amb el DB SE 4.3

### 2.4.2 Efecte de les accions

- 1 Per a cada situació de dimensionament, els valors de càlcul de l'efecte de les accions s'han d'obtenir mitjançant les regles de combinació indicades al DB SE.

### 2.4.3 Propietats elàstiques

- 1 S'han d'utilitzar valors mitjans per a les propietats elàstiques dels materials.

## 2.5 Geometria

### 2.5.1 Valor de càlcul

- 1 El valor de càlcul d'una dimensió geomètrica es representa normalment pel seu valor nominal:

$$a_d = a_{nom} \quad (2.1)$$

$a_d$  valor de càlcul d'una dimensió geomètrica,

$a_{nom}$  valor nominal de la mateixa dimensió, en el projecte.

**2.5.2 Desviacions d'una dimensió geomètrica**

- 1 En els casos en què les desviacions possibles d'una dimensió geomètrica respecte del seu valor nominal puguin tenir una influència significativa en la seguretat estructural (com en l'anàlisi dels efectes de segon ordre), el valor de càlcul d'aquesta dimensió ha de quedar definit per:

$$a_d = a_{\text{nom}} \pm \Delta a \quad (2.2)$$

$\Delta a$  desviació d'una dimensió geomètrica del seu valor nominal o l'efecte acumulat de diferents desviacions geomètriques que es poden produir simultàniament, i es defineix d'acord amb les toleràncies admeses.

En el cas en què la desviació produïda es pugui determinar per mesurament, s'ha d'utilitzar el valor esmentat.

### 3 Durabilitat

- 1 S'ha de prevenir la corrosió de l'acer mitjançant una estratègia global que tingui en compte de forma jeràrquica l'edifici en el seu conjunt (situació, ús, etc.), l'estructura (exposició, ventilació, etc.), els elements (materials, tipus de secció, etc.) i, especialment, els detalls, evitant:
  - a) l'existència de sistemes d'evacuació d'aigües no accessibles per a la seva conservació que puguin afectar elements estructurals.
  - b) la formació de racons, en nusos i en unions a elements no estructurals, que afavoreixin el dipòsit de residus o brutícia.
  - c) el contacte directe amb altres metalls (l'alumini dels tancaments, murs cortina, etc.).
  - d) el contacte directe amb guixos.
- 2 Al projecte d'edificació s'ha d'indicar les proteccions adequades per als materials per evitar-ne la corrosió, d'acord amb les condicions ambientals internes i externes de l'edifici. Amb aquesta finalitat es pot utilitzar la norma UNE-ENV 1090-1: 1997, tant per a la definició d'ambients com per a la definició de les especificacions que han de complir les pintures i els vernissos de protecció, així com els sistemes d'aplicació corresponents.
- 3 Els materials protectors s'han d'emmagatzemar i utilitzar d'acord amb les instruccions del fabricant, i la seva aplicació s'ha de realitzar dins del període de vida útil del producte i en el temps indicat per a això, de manera que la protecció quedi totalment acabada en els terminis esmentats.
- 4 Als efectes de la preparació de les superfícies a protegir i de l'ús de les eines adequades, es pot utilitzar la norma UNE-ENV 1090-1: 1997.
- 5 Les superfícies que no es puguin netejar per raig s'han de sotmetre a un raspallat metàl·lic que elimini l'escata de laminació i després s'han de netejar per treure'n la pols, l'oli i el greix.
- 6 Tots els abrasius utilitzats en la neteja i preparació de les superfícies a protegir han de ser compatibles amb els productes de protecció a utilitzar.
- 7 Els mètodes de recobriment: metal·lització, galvanització i pintura s'han d'especificar i executar d'acord amb la normativa específica sobre això i les instruccions del fabricant. Es pot utilitzar la norma UNE-ENV 1090-1: 1997.
- 8 S'han de definir i cuidar especialment les superfícies que hagin de resistir i transmetre esforços per fricció, les superfícies de soldadures i per a la soldadura, les superfícies inaccessibles i exposades exteriorment, les superfícies en contacte amb el formigó, la terminació de les superfícies d'acers resistents a la corrosió atmosfèrica, el segellament d'espais en contacte amb l'ambient agressiu i el tractament dels elements de fixació. Per a tot això es pot utilitzar la norma UNE-ENV 1090-1: 1997.
- 9 En les estructures en què, com a conseqüència de les consideracions ambientals indicades, sigui necessari revisar-ne la protecció, el projecte ha de preveure la inspecció i el manteniment de les proteccions i ha d'assegurar, de manera permanent, els accessos i la resta de condicions físiques necessàries.

## 4 Materials

### 4.1 Generalitats

- 1 Encara que molts dels mètodes de comprovació indicats al DB es poden aplicar a materials de característiques qualssevol, es considera que els elements estructurals a què es refereix aquest DB estan constituïts per acers dels que s'indiquen en aquest capítol.

### 4.2 Acers en xapes i perfils

- 1 Els acers considerats en aquest DB són els establerts a la norma UNE EN 10025 (productes laminats en calent d'acer no aliat, per a construccions metàl·liques d'ús general) en cadascuna de les parts que la componen, les característiques dels quals es resumeixen a la taula 4.1.
- 2 En aquest DB es preveuen igualment els acers establerts per les normes UNE-EN 10210-1:1994, relativa a perfils buits per a construcció, acabats en calent, d'acer no aliat de grau fi i UNE-EN 10219-1:1998, relativa a seccions buides d'acer estructural conformades en fred.

Taula 4.1 Característiques mecàniques mínimes dels acers UNE EN 10025

DESIGNACIÓ	Gruix nominal t (mm)				Temperatura de l'assaig Charpy °C
	Tensió de límit elàstic			Tensió de ruptura	
	$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )			$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	3 ≤ t ≤ 100	
<b>S235JR</b>					20
<b>S235J0</b>	235	225	215	360	0
<b>S235J2</b>					-20
<b>S275JR</b>					20
<b>S275J0</b>	275	265	255	410	0
<b>S275J2</b>					-20
<b>S355JR</b>					20
<b>S355J0</b>	355	345	335	470	0
<b>S355J2</b>					-20
<b>S355K2</b>					-20 <sup>(1)</sup>
<b>S450J0</b>	450	430	410	550	0

<sup>(1)</sup> Se li exigeix una energia mínima de 40 J.

- 3 Les característiques següents són comunes a tots els acers:

- mòdul d'elasticitat: E 210.000 N/mm<sup>2</sup>
- mòdul de rigidesa: G 81.000 N/mm<sup>2</sup>
- coeficient de Poisson:  $\nu$  0,3
- coeficient de dilatació tèrmica:  $\alpha$   $1,2 \cdot 10^{-5}$  (°C)<sup>-1</sup>
- densitat:  $\rho$  7.850 kg/m<sup>3</sup>

## Document bàsic SE-A Acer

- 4 En cas que s'emprin acers diferents dels assenyalats, per garantir que tenen suficient ductilitat, s'ha de comprovar que:
- la relació entre la tensió de ruptura i la de límit elàstic no és inferior a 1,20;
  - l'allargament en ruptura d'una proveta de secció inicial  $S_0$ , mesurat sobre una longitud  $5,65 \cdot \sqrt{S_0}$ , és superior al 15%;
  - la deformació corresponent a la tensió de ruptura ha de superar almenys un 20% la corresponent al límit elàstic.
- 5 Tots els procediments de comprovació especificats en aquest DB es basen en el comportament dúctil del material, és a dir, les comprovacions de càlcul es refereixen al límit elàstic o a la tensió de ruptura en condicions de laboratori. Per tant, és necessari comprovar que la resistència a ruptura fràgil és, en tots els casos, superior a la resistència a ruptura dúctil. Això és cert en el cas d'estructures no sotmeses a càrregues d'impacte, com són en general les d'edificació, i quan els gruixos utilitzats no sobrepassin els indicats a la taula 4.2 per a les temperatures mínimes a què estiguin sotmeses en funció del seu emplaçament i exposició, segons els criteris del DB-SE-AE 3.4, realitzades amb els acers especificats en aquest apartat i fabricades d'acord amb els requisits especificats al capítol 10 d'aquest DB, per la qual cosa en aquest cas no es requereix cap comprovació;

En qualsevol altre cas, s'ha de demostrar que el valor de la temperatura de transició, definida com la mínima a què la resistència a ruptura dúctil supera la fràgil, és inferior a la mínima a què ha d'estar sotmesa l'estructura. La temperatura de transició es pot obtenir mitjançant procediments de mecànica de la fractura. Per a això es pot utilitzar l'UNE EN 1993-1-10.

Taula 4.2 Gruix màxim (mm) de xapes

Grau	Temperatura mínima								
	0 °C			-10 °C			-20 °C		
	JR	J0	J2	JR	J0	J2	JR	J0	J2
<b>S235</b>	50	75	105	40	60	90	35	50	75
<b>S275</b>	45	65	95	35	55	75	30	45	65
<b>S355</b>	35	50	75	25	40	60	20	35	50

- 6 Soldabilitat. Tots els acers que apareixen en aquest DB són soldables i únicament es requereix l'adopció de precaucions en el cas d'unions especials (entre xapes de gran gruix, de gruixos molt desiguals, en condicions d'execució difícils, etc.), segons s'indica al capítol 10 d'aquest DB.

Per a acers diferents dels esmentats la soldabilitat es pot avaluar mitjançant el paràmetre  $C_{EV}$  (carboni equivalent), d'expressió:

$$C_{EV} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (4.1)$$

Aquest valor no ha de ser superior a 0,41 per als acers S 235 i S 275 o a 0,47 per als acers S 355.

### 4.3 Cargols, femelles i volanderes

- 1 A la taula 4.3 es resumeixen les característiques mecàniques mínimes dels acers dels cargols de qualitats normalitzades a la normativa ISO.

## Document bàsic SE-A Acer

Taula 4.3 Característiques mecàniques dels acers dels cargols, femelles i volanderes

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Tensió de límit elàstic $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	300	480	640	900
Tensió de ruptura $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	500	600	800	1000

- 2 En el context d'aquest DB s'entén per cargol el conjunt de cargol, femella i volandera (simple o doble).
- 3 En els cargols d'alta resistència utilitzats com a pretesats s'ha de controlar el collament.

#### 4.4 Materials d'aportació

- 1 Les característiques mecàniques dels materials d'aportació han de ser en tots els casos superiors a les del material base.
- 2 Les qualitats dels materials d'aportació ajustades a la norma UNE-EN ISO 14555:1999 es consideren acceptables.

#### 4.5 Resistència de càlcul

- 1 Es defineix resistència de càlcul,  $f_{yd}$ , com el quocient de la tensió de límit elàstic i el coeficient de seguretat del material:

$$f_{yd} = f_y / \gamma_M \quad (4.2)$$

on:

$f_y$  és la tensió del límit elàstic del material base (taula 4.1). No s'ha de considerar l'efecte d'enduriment derivat de la conformació en fred o de qualsevol altra operació.

$\gamma_M$  és el coeficient parcial de seguretat del material, d'acord amb l'apartat 2.3.3.

- 2 En les comprovacions de resistència última del material o la secció, s'adopta com a resistència de càlcul el valor

$$f_{ud} = f_u / \gamma_{M2}$$

on:  $\gamma_{M2}$  és el coeficient de seguretat per a resistència última.



## 5 Anàlisi estructural

### 5.1 Generalitats

- 1 En general la comprovació davant cada estat límit es realitza en dues fases: determinació dels efectes de les accions, o anàlisi (esforços i desplaçaments de l'estructura) i comparació amb la limitació corresponent, o verificació (resistències i fletxes o vibracions admissibles, respectivament). Són admissibles els procediments següents:
  - a) els basats en mètodes incrementals que, en règim no lineal, adequin les característiques elàstiques de seccions i elements al nivell d'esforços actuant.
  - b) els basats en mètodes de càlcul en capacitat, que parteixen per al dimensionament de determinats elements (normalment els que presenten formes fràgils de fallada, com les unions) no dels esforços obtinguts en l'anàlisi global, sinó dels esforços màxims que els puguin ser transmesos des dels elements dúctils (normalment les barres) del voltant.

### 5.2 Models del comportament estructural

#### 5.2.1 Hipòtesis

- 1 L'anàlisi es porta a terme d'acord amb hipòtesis simplificadores mitjançant models, congruents entre si, adequats a l'estat límit a comprovar i de diferent nivell de detall, que permetin obtenir esforços i desplaçaments en les peces de l'estructura i en les seves unions entre si i amb els fonaments.
- 2 Normalment s'utilitzen models elàstics i lineals en les comprovacions davant d'estats límit de servei. Davant d'estats límit últims es poden emprar sempre models elàstics, si bé en aquest DB s'accepta en determinades ocasions l'ús de qualsevol procediment que doni com a resultat un conjunt d'esforços en equilibri amb les accions considerades, com passa en l'anàlisi global si les seccions crítiques corresponen a la classe 1 (5.2.4) o en la comprovació de nusos o de seccions de les classes 1 i 2. En aquests casos l'anàlisi es pot portar a terme en règim elàstic, elàstic amb redistribució de moments, elastoplàstic, rigid-plàstic o qualsevol combinació coherent.
- 3 En tots els casos és necessari considerar l'efecte de les possibles no linealitats geomètriques i/o mecàniques.

#### 5.2.2 Models de peces

- 1 Les peces d'acer es representen mitjançant models unidimensionals o bidimensionals d'acord amb les seves dimensions relatives. En el cas en què la relació entre les dues dimensions fonamentals de la peça sigui inferior o igual a 2, s'han d'usar models bidimensionals.
- 2 Les llums de càlcul de les peces unidimensionals han de ser les distàncies entre eixos d'empalmament. En peces que formin part d'entramats o pòrtics aquests eixos coincideixen amb les interseccions de la directriu de la peça amb les de les adjacents. En peces embotides en suports rígids de dimensió important amb relació al seu cantell, l'eix es pot situar idealment a l'interior del suport a mig cantell de distància respecte del marge lliure.
- 3 En l'anàlisi global de l'estructura les peces s'han de representar considerant les seves seccions brutes, llevat dels casos indicats a 5.2.4, o quan la reducció d'una secció o de la seva eficàcia pugui afectar significativament el model.
- 4 La rigidesa en torsió de les peces pot ser ignorada en l'anàlisi en els casos en què no resulti imprescindible per a l'equilibri.

### 5.2.3 Unions entre elements

- 1 Per representar l'empalmament entre dues o més peces es requereixen models que representin adequadament la geometria (les posicions dels extrems de les peces unides) i la resistència i rigidesa de la unió (dels elements i regions locals de les peces que materialitzen l'empalmament).
- 2 En funció de la resistència les unions poden ser articulacions, de resistència total o de resistència parcial.
- 3 Depenent de la rigidesa les unions poden ser articulades, rígides o semirígides, segons si la seva rigidesa a rotació és nul·la, total o intermèdia.
- 4 Els límits entre els diferents tipus s'estableixen en el capítol d'unions; el projectista ha d'adoptar les disposicions precises per classificar la unió com a articulada —permetent rotacions apreciables sense l'aparició de moments rellevants— o rígida —assegurant fent prou rígida la rotació conjunta de totes les seccions extremes dels elements del nus— o per considerar la rigidesa parcial de la unió en els models utilitzats en l'anàlisi.
- 5 Els mètodes d'anàlisi global utilitzats i les hipòtesis adoptades respecte al comportament de les unions han de ser coherents. En particular:
  - a) quan es realitzi una anàlisi global elàstica i hi hagi nusos de comportament semirígid, s'ha de considerar el comportament de la unió en funció de la seva rigidesa. S'ha de prendre, en general, la rigidesa,  $S_j$ , corresponent al moment de càlcul  $M_{j,Sd}$  en cada situació. Com a simplificació:
    - si  $M_{j,Sd} \leq 2/3 M_{j,Rd}$ , on  $M_{j,Rd}$  és la resistència de càlcul de la unió, es pot usar la rigidesa inicial del nus  $S_{j,ini}$ , (figura 5.1.c)
    - si  $M_{j,Sd} > 2/3 M_{j,Rd}$ , es pot usar el valor  $S_{j,ini} / \eta$
 on:
    - $\eta = 2$  per a unions biga-pilar
    - $\eta = 3$  per a un altre tipus d'unió
  - b) quan es realitzi una anàlisi global elastoplàstica s'ha de considerar el comportament de la unió segons la seva resistència i rigidesa. En aquest cas es pot adoptar un diagrama bilineal simplificat com l'indicat a la figura 5.1.d) per modelar el comportament de la unió.
  - c) quan es realitzi una anàlisi global rígida-plàstica, per modelar el comportament de les unions és suficient considerar la seva resistència.
- 6 Les unions semirígides entre cada dues barres (figura 5.1.a) es poden modelar com un ressort que uneix els eixos de les barres que concorren en el nus (figura 5.1.b), que defineix les propietats principals següents:
  - a) moment resistent,  $M_{j,Rd}$ , que és el valor màxim en la corba moment rotació  $M-\Phi$ .
  - b) rigidesa al gir,  $S_j$ .
  - c) la capacitat de rotació  $\Phi_{Cd}$  és el valor màxim de la rotació en la corba  $M-\Phi$  (figura 5.1.c).
  - d) la corba real  $M-\Phi$  no és lineal, es pot adoptar un diagrama bilineal (figura 5.1.d) o trilineal, sempre que la corba simplificada quedi per sota de la més precisa.

Igualment es poden modelar referint-les a la rigidesa d'alguna de les barres que formen la unió, mitjançant tècniques de condensació estàtica.

Document bàsic SE-A Acer

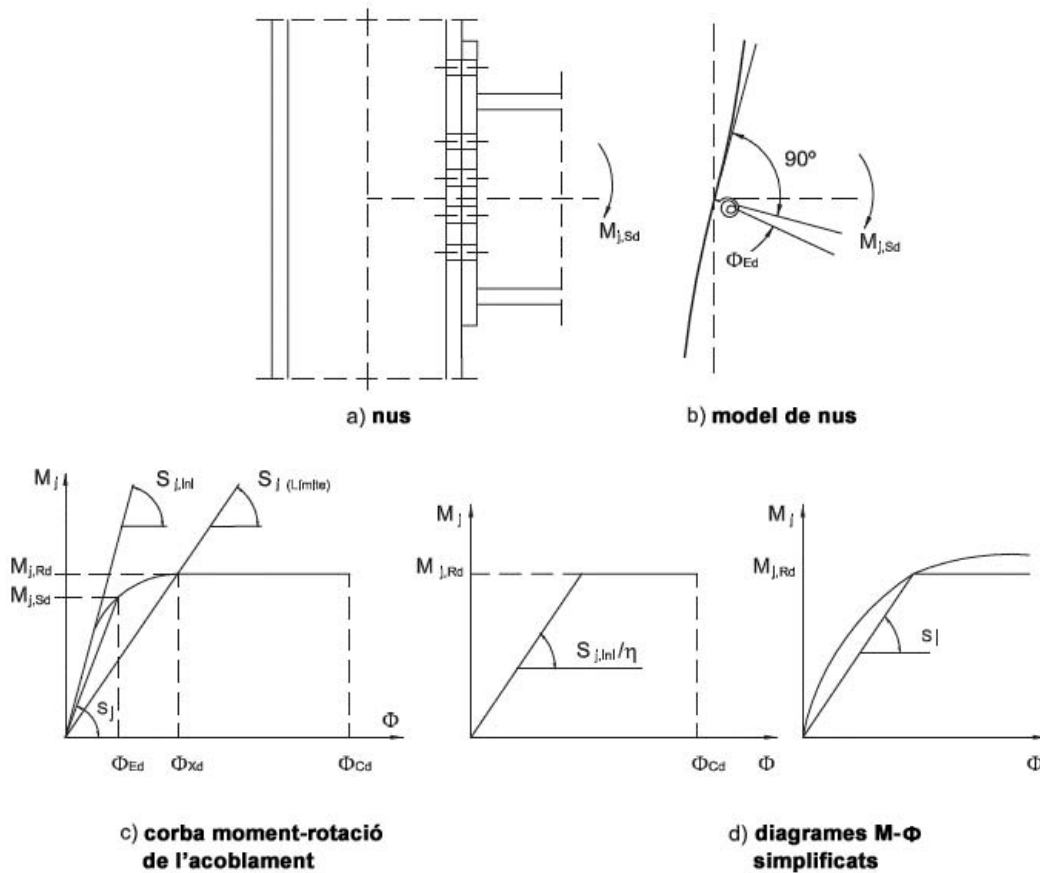


Figura 5.1 Modelatge d'unions

5.2.4 Tipus de secció

1 Segons la capacitat de deformació i de desenvolupament de la resistència plàstica dels elements plans comprimits d'una secció sol·licitada per un moment flector, es classifica en una de les quatre classes següents:

Taula 5.1 Classificació de seccions transversals sol·licitades per moments flexors

<b>Classe 1: Plàstica</b>	Permeten la formació de la ròtula plàstica amb la capacitat de rotació suficient per a la redistribució de moments.
<b>Classe 2: Compacta</b>	Permeten el desenvolupament del moment plàstic amb una capacitat de rotació limitada.
<b>Classe 3: Semicompacta o Elàstica</b>	En la fibra més comprimida es pot assolir el límit elàstic de l'acer, però l'abonyegament impedeix el desenvolupament del moment plàstic.
<b>Classe 4: Esvelta</b>	Els elements totalment o parcialment comprimits de les seccions esveltes s'abonyegen abans d'assolir el límit elàstic a la fibra més comprimida.

2 Per a la verificació de la seguretat estructural s'ha d'emprar un dels mètodes de càlcul definits a la taula 5.2, d'acord amb la classe de les seccions transversals.

## Document bàsic SE-A Acer

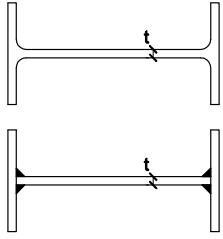
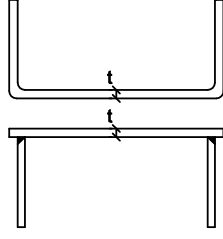
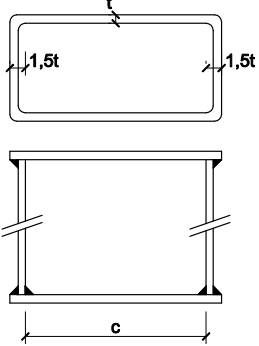
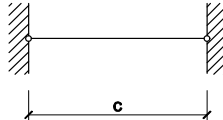
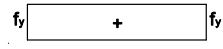
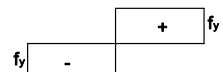
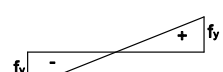




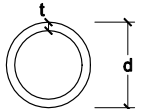
Taula 5.2 Mètodes de càlcul

Classe de secció	Mètode per a la determinació de les sol·licitacions	Mètode per a la determinació de la resistència de les seccions
Plàstica	Plàstic o elàstic	Plàstic o elàstic
Compacta	Elàstic	Plàstic o elàstic
Semicompacta	Elàstic	Elàstic
Esvelta	Elàstic amb possible reducció de rigidesa	Elàstic amb resistència reduïda

- 3 Per definir les classes 1, 2 i 3 s'utilitzen en els elements comprimits de les seccions els límits de les taules 5.3 i 5.4. Com que cada element comprimit d'una secció (ala o ànima) pot pertànyer a classes diferents, s'ha d'assignar a la secció la classe menys favorable. Es consideren de classe 4 els elements que sobrepassen els límits per a la classe 3.
- 4 Les regles d'aquest DB també són aplicables als perfils conformats en fred i de xapes plegables. El gruix,  $t$ , d'aquests elements s'ha d'elegir tenint en compte les condicions de transport, de posada en obra i d'utilització, així com els riscos de deformacions locals. Suposant que la protecció contra la corrosió estigui assegurada, s'ha de respectar un gruix mínim de 0,75 mm (gruix net de l'acer, sense la capa de protecció).
- 5 Per evitar ondulacions no desitjades, les esvelteses geomètriques dels elements plans que formen la secció transversal d'un perfil conformat en fred o de xapa plegada s'han de limitar segons les indicacions de la taula 5.5.

Document bàsic SE-A Acer

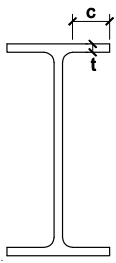
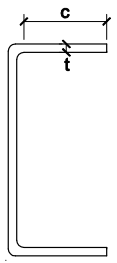
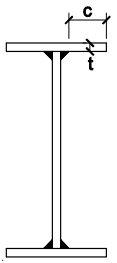
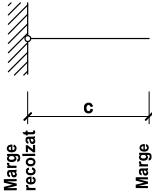
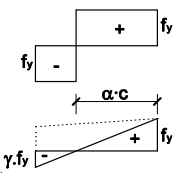
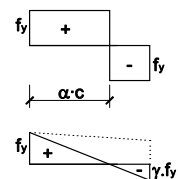
Taula 5.3 Límits d'esveltesa per a elements plans, recolzats en dos marges, totalment o parcialment comprimits

Geometria		Límit d'esveltesa: c/t màxim		
				
Sol·licitació	Element pla	Límit d'esveltesa: c/t màxim		
Compressió + Tracció -		Classe 1	Classe 2	Classe 3
Compressió		33ε	38 ε	42 ε
Flexió simple		72 ε	83 ε	124 ε
				
Flexocompressió ψ ≥ -1		$\frac{396ε}{13α - 1}$	$\frac{456ε}{13α - 1}$	$\frac{42ε}{0,67 + 0,33ψ}$
		α ≥ 0,5	α ≥ 0,5	
Flexotracció <sup>1)</sup> ψ ≤ -1		$\frac{36ε}{α}$	$\frac{41,5ε}{α}$	$62ε(1 - ψ)\sqrt{-ψ}$
		α ≤ 0,5	α ≤ 0,5	
Cas especial: secció tubular				
	Compressió			
	Flexió simple	$\frac{d}{t} \leq 50ε^2$	$\frac{d}{t} \leq 70ε^2$	$\frac{d}{t} \leq 90ε^2$
	Flexocompressió			

Factor de reducció  $ε = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$

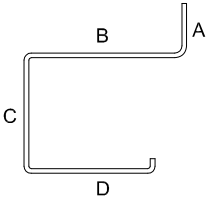
1) ψ ≤ -1 és aplicable als casos amb deformacions unitàries que superin les corresponents al límit elàstic

**Taula 5.4 Límits d'esveltesa per a elements plans, recolzats en un marge i lliure l'altre, totalment o parcialment comprimits**

		Geometria		
				
Sol·licitació	Element pla	Límit d'esveltesa: c/t màxim		
Compressió + Tracció -		Classe 1	Classe 2	Classe 3
Compressió	$f_y$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+</span> $f_y$	$9\epsilon$	$10\epsilon$	$14\epsilon$
Flexocompressió; marge lliure comprimit		$\frac{9\epsilon}{\alpha}$	$\frac{10\epsilon}{\alpha}$	$21\epsilon\sqrt{k_{\sigma_1}}$
Flexocompressió; marge lliure traccionat		$\frac{9\epsilon}{\alpha^{1,5}}$	$\frac{10\epsilon}{\alpha^{1,5}}$	$21\epsilon\sqrt{k_{\sigma_2}}$
<p>Coefficients d'abonyegament <math>k_{\sigma_1}</math> i <math>k_{\sigma_2}</math> en funció de <math>\psi</math>, on <math>\psi</math> és la relació de les tensions als marges (compressió positiva):</p> <p><math>k_{\sigma_1} = 0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2</math> per a <math>1 \geq \psi \geq -3</math></p> <p><math>k_{\sigma_2} = 0,578 / (0,34 + \psi)</math> per a <math>1 \geq \psi \geq 0</math></p> <p><math>k_{\sigma_2} = 1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2</math> per a <math>0 \geq \psi \geq -1</math></p>				
<p>Factor de reducció <math>\epsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}</math></p>				

## Document bàsic SE-A Acer

**Taula 5.5 Límits d'esveltesa per a elements plans en seccions de perfils conformats en fred o de xapa plegada**

Element amb un marge lliure (A)	$c/t \leq 30$	
Element amb un marge fet rígid per un llavi (D)	$b/t \leq 60$	
Element amb un marge fet rígid per un plec (B)	$b/t \leq 90$	
Element interior (C) de perfils conformats	$b/t \leq 250$	
Element interior (C) de xapes plegades	$b/t \leq 500$	

c    amplada dels elements amb un marge lliure.  
 b    amplada dels elements recolzats en dos marges.  
 t    gruix dels elements.  
 Les dimensions b i c no inclouen l'acord entre elements.

**5.2.5 Característiques de les seccions de classe 4**

- 1 En cas que algun dels elements plans que formen una secció transversal sigui de classe 4, la reducció, deguda a l'abonyegament, de la rigidesa i de la resistència última s'ha de tenir en compte a través de la introducció d'una amplada eficaç. Aquest procediment correspon al mètode EER (classe de secció 4), segons la taula 5.2.

- 2 L'amplada eficaç  $b_{\text{eff}}$  d'un element pla comprimit d'amplada  $b_c$  es pot determinar segons la relació:

$$b_{\text{eff}} = \rho b_c \quad (5.1)$$

on:

$b_c$  és l'amplada de la zona comprimida de l'element pla totalment o parcialment comprimit

$\rho$  és el factor de reducció

- 3 Per als elements plans amb com a mínim un marge paral·lel a la direcció dels esforços recolzat, el factor de reducció es pot determinar de la manera següent:

- per a un element pla recolzat en els dos marges:

$$\rho = \frac{1}{\bar{\lambda}_p} \left[ 1 - \frac{0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \right] \leq 1 \quad (5.2a)$$

- per a un element pla recolzat en un marge

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p} \quad (5.2b)$$

on:

$\bar{\lambda}_p$  és l'esveltesa relativa de l'element comprimit

$\psi$  és la relació de les tensions als marges de l'element pla segons la taula 5.6

- 4 L'esveltesa relativa de l'element totalment o parcialment comprimit es pot determinar segons la relació

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{\text{cr}}}} = \frac{(b/t)}{28,4 \sqrt{\frac{235}{f_y} \sqrt{k_\sigma}}} \quad (5.3)$$

## Document bàsic SE-A Acer

on:

$b$  és l'amplada de l'element pla totalment o parcialment comprimit

$t$  és el gruix de l'element pla

$k_{\sigma}$  és el coeficient d'abonyegament segons la taula 5.6

$\sigma_{cr}$  és la tensió crítica d'abonyegament elàstica

- 5 D'acord amb la teoria lineal per a materials elàstics, la tensió crítica d'abonyegament elàstica d'un element pla sol·licitat per tensions normals s'ha d'obtenir a partir de la relació:

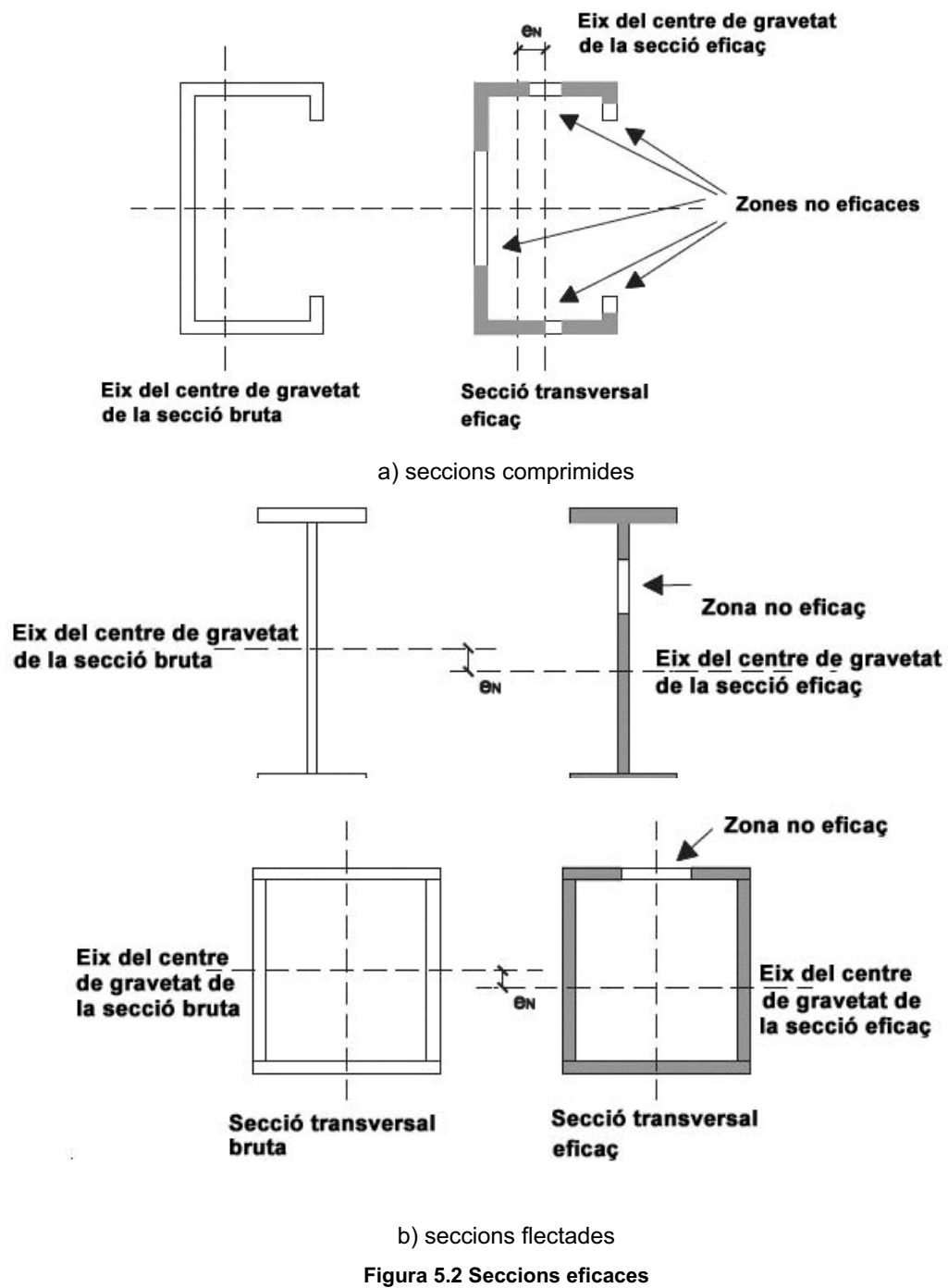
$$\sigma_{cr} = k_{\sigma} \cdot \sigma_E \quad (5.4)$$

on:

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 \cong 0,9E \left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad (5.5)$$

- 6 Els coeficients d'abonyegament  $k_{\sigma}$  depenen de la relació entre longitud i amplada de l'element pla, de les condicions de suport en els elements adjacents i del tipus de sol·licitació. En la determinació de l'amplada eficaç  $b_{eff}$  s'ha d'utilitzar el valor mínim dels coeficients d'abonyegament. En cas que unes condicions de marge més favorables no quedin assegurades, s'hauria d'admetre que els marges quedin simplement recolzats o lliures. Els valors de  $k_{\sigma}$  segons la taula 5.6 es basen en aquesta hipòtesi, per la qual cosa resulten conservadors.
- 7 Si la resistència última d'una barra s'assoleix per a una tensió de compressió  $s_b < f_y$ , per exemple per vinclament o vinclament lateral, la determinació de l'amplada eficaç es pot portar a terme utilitzant el valor de la tensió de compressió  $\sqrt{f_y \cdot \sigma_b}$  en lloc del límit elàstic.
- 8 En els models utilitzats en l'anàlisi global de l'estructura són admissibles les simplificacions següents:
- considerar les característiques de la secció bruta, sense cap reducció, en els models utilitzats en l'anàlisi davant d'estats límit últims. Com a excepció, no s'admet aquesta possibilitat quan les accions o els seus efectes depenguin dels desplaçaments, i molt en particular, quan s'avaluï la seguretat davant de fenòmens d'embassament (d'aigua en cobertes molt flexibles, de formigó en forjats mixtos, etc.) o d'estabilitat;
  - considerar les característiques de la secció eficaç, calculada a partir de la tensió de límit elàstic i no de la tensió màxima de compressió, en els models utilitzats en l'anàlisi davant d'estats límit de servei.
- 9 L'eix neutre de la secció eficaç no coincideix, en general, amb el de la bruta. El producte de l'esforç axial (si n'hi ha) per l'excentricitat indueix un moment flector addicional a considerar (figura 5.2.a).





## Document bàsic SE-A Acer

Taula 5.6 Amplada eficaç d'elements plans totalment o parcialment comprimits

Condicions de suport i sol·licitació	Secció eficaç de l'element pla	Relació de tensions	Amplada comprimida	Coefficient d'abonyegament
Compressió + Tracció -		$\psi$	$b_c$	$k_\sigma$
		1	b	4
		$1 > \psi \geq 0$	b	$\frac{8,2}{1,05 + \psi}$
		$0 > \psi > -1$ $-1 \geq \psi > -3$	$\frac{b}{1 - \psi}$	$7,81 - 6,29 \psi + 9,78 \psi^2$ $5,98(1 - \psi)^2$
		$1 \geq \psi \geq 0$	b	$0,57 - 0,21 \psi + 0,07 \psi^2$
		$0 > \psi \geq -3$	$\frac{b}{1 - \psi}$	$0,57 - 0,21 \psi + 0,07 \psi^2$
		$1 \geq \psi \geq 0$	b	$\frac{0,578}{\psi + 0,34}$
		$0 > \psi \geq -1$	$\frac{b}{1 - \psi}$	$1,7 - 5 \psi + 17,1 \psi^2$

$\psi = \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$  relació de les tensions en els marges de l'element pla (compressió positiva).  
 $b_c$  amplada comprimida.  
 $b_t$  amplada traccionada.

## 5.3 Estabilitat lateral global

- 1 Qualsevol edifici ha de disposar dels elements necessaris per materialitzar una trajectòria clara de les forces horitzontals, de qualsevol direcció en planta, fins a la fonamentació.
- 2 La trajectòria esmentada es pot basar en la capacitat a flexió de les barres i les unions (pòrtics rígids) o en la capacitat a axial de sistemes triangulats disposats específicament (per exemple: creus de Sant Andreu, triangulacions en K, X, V, etc), denominats usualment travades.
- 3 Per travar, es poden utilitzar pantalles horitzontals (diafragmes rígids o forjats) o verticals (tancaaments o particions de fàbrica, xapa conformada, panells, murs de formigó, etc), sempre que:

## Document bàsic SE-A Acer

- a) se'n pugui assegurar la permanència durant el període de servei de l'edifici i es projectin correctament quant al seu treball conjunt, mitjançant una interacció adequada de l'estructura principal amb la de travada d'acord amb els càlculs realitzats i la connexió a la fonamentació o el seu punt precís d'interrupció;
  - b) es considerin els possibles esforços sobre l'estructura deguts a la coacció de la lliure deformació dels mateixos tancaments o particions per efectes tèrmics o reològics (coacció imposada per la pròpia estructura);
  - c) s'asseguri la resistència dels mitjans de connexió a l'estructura;
  - d) així es faci constar expressament a la memòria del projecte.
- 4 Tots els elements de l'esquema resistent davant d'accions horitzontals s'han de projectar amb la resistència adequada als esforços generats i amb la rigidesa suficient per:
- a) satisfer els estats límits de servei establerts al DB SE.
  - b) garantir la intranslacionalitat en els casos en què constitueixi una de les hipòtesis d'anàlisi.
- 5 Quan l'esquema resistent davant d'accions horitzontals es basi en sistemes triangulats o en pantalles o nuclis de formigó de rigidesa que aporten almenys el 80% de la rigidesa enfront de desplaçaments horitzontals en una direcció, es diu que l'estructura està travada en la direcció esmentada. En aquest cas és admissible suposar que totes les accions horitzontals són resistides exclusivament pel sistema de travada i, a més, considerar l'estructura com a intranslacional. Per sota de qualsevol planta, calen almenys tres plans de travada no paral·lels ni concurrents, complementats amb un forjat o una coberta rígida en el seu pla, per poder concloure que la planta esmentada està completament travada a totes direccions.

**5.3.1 Translacionalitat**

- 1 En el cas de les estructures translacionals, o no travades, en què els desplaçaments tenen una influència substancial en els esforços, s'ha d'utilitzar un mètode de càlcul que inclogui efectes no lineals i consideri les imperfeccions inicials, o les seves accions equivalents, substitutòries de les desviacions geomètriques de fabricació i muntatge, de les tensions residuals, de les deformacions inicials, variacions locals del límit elàstic, etc. El mètode esmentat pot consistir en:
- a) Anàlisi global en segon ordre que tingui en compte imperfeccions inicials globals i en la geometria de les peces. En aquest cas, en les comprovacions de resistència de les peces no s'han de tenir en compte els efectes de vinclament que ja estiguin representats en el model.
  - b) Anàlisi global en segon ordre que tingui en compte només les imperfeccions inicials globals. En aquest cas, en les comprovacions de resistència s'han de tenir en compte els efectes de vinclament de les peces. En l'apartat següent es descriu una aproximació als resultats obtinguts per aquest mètode.
- 2 Una forma d'avaluar la influència dels desplaçaments en la distribució d'esforços i, per tant, de caracteritzar la condició de translacionalitat, aplicable a estructures de pòrtics plans, consisteix a realitzar una primera anàlisi en règim elàstic lineal i obtenir, per a cada planta, el coeficient:

$$r = \frac{V_{Ed}}{H_{Ed}} \cdot \frac{\delta_{H,d}}{h} \quad (5.6)$$

on:

$H_{Ed}$  és el valor de càlcul de les càrregues horitzontals totals (incloent les degudes a imperfeccions) a la planta considerada i a totes les superiors. Coincideix amb el tallant total en els pilars de la planta;

$V_{Ed}$  és el valor de càlcul de les càrregues verticals totals a la planta considerada i a totes les superiors. Coincideix amb l'axial total en els pilars de la planta;

$h$  és l'altura de la planta;

$\delta_{H,d}$  és el desplaçament horitzontal relatiu de la planta (del forjat de sostre al de terra).

Si per a alguna planta el valor del coeficient  $r$  és superior a 0,1, l'estructura s'ha de considerar translacional i, llavors, l'anàlisi global de l'estructura ha de tenir en compte els efectes dels desplaçaments en alguna de les formes següents:

- Anàlisi en segon ordre, amb l'ajuda de models numèrics que incloguin, almenys, l'efecte dels esforços en la rigidesa de l'estructura. En el dimensionament dels pilars s'han d'utilitzar com a longituds de vinclament les corresponents al mode intranslacional.
- Anàlisi elàstica i lineal però havent multiplicat totes les accions horitzontals sobre l'edifici pel coeficient d'amplificació:

$$\frac{1}{1-r} \quad (5.7)$$

Aquest procediment només és aplicable quan  $r < 0,33$ . En el dimensionament dels pilars s'han d'utilitzar com a longituds de vinclament les corresponents al mode intranslacional. Les reaccions en fonamentació s'han d'obtenir del model esmentat reduint els components de força horitzontal en el valor del coeficient d'amplificació, de manera que resultin equivalents a la resultant horitzontal de les accions de càlcul no amplifícades.

## 5.4 Imperfeccions inicials

- En les comprovacions d'estabilitat lateral s'ha de tenir en compte l'efecte de les desviacions geomètriques de fabricació i muntatge, de les tensions residuals, de les variacions locals del límit elàstic, etc. Això es pot fer considerant una configuració geomètrica que es diferencia de la nominal en les imperfeccions esmentades a l'apartat 5.4.1, o afegint unes accions l'efecte de les quals és l'equivalent al de les imperfeccions, segons s'indica a l'apartat 5.4.2.

### 5.4.1 Imperfeccions geomètriques

- En estructures de pòrtics, en cada direcció analitzada, als efectes d'estabilitat, és suficient considerar una volada lineal en altura de valor  $L/200$  si en aquesta direcció hi ha només dos suports i una altura  $L/400$  si hi ha almenys quatre suports i tres altures. En casos intermedis es pot usar el valor  $L/300$ , on  $L$  és l'altura total de la construcció si és constant i l'altura mitjana si és lleugerament variable.

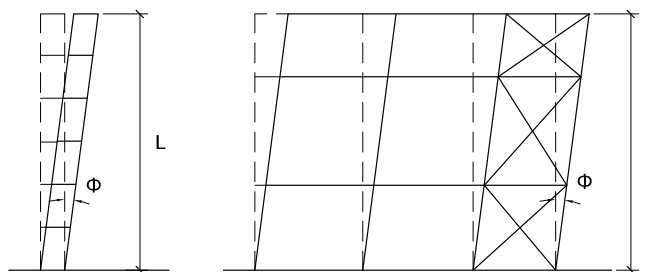


Figura 5.3 Volada inicial pòrtics

## Document bàsic SE-A Acer

Taula 5.8 Imperfeccions locals de barra,  $e_0/L$ 

Corba de vinclament (segons la figura 6.3)	$a_0$	$a$	$b$	$c$	D
<b>Anàlisi global elàstica</b>	1/350	1/300	1/250	1/200	1/150
<b>Anàlisi global plàstica</b>	1/300	1/250	1/200	1/150	1/100

- 2 En els càlculs relatius als elements estabilitzadors (travades) d'estructures de pòrtics, s'ha de tenir en compte la inclinació inicial  $\phi$  (segons la figura 5.3) per a tots els pilars que hagin de ser estabilitzats pels elements esmentats.

Quan l'estabilitat s'asseguri, per exemple, per mitjà de bigues o triangulacions que empalmen els elements comprimits amb determinats punts fixos, les forces laterals que s'han de tenir en compte en els càlculs s'han d'obtenir en admetre una desviació geomètrica (fletxa) inicial de valor  $w_0$  en els elements a estabilitzar (figura 5.4). A més, també s'han de tenir en compte les imperfeccions dels elements estabilitzadors.

$$w_0 = \frac{l}{500} \cdot k_r \leq 60\text{mm} \quad (5.8)$$

$$k_r = \sqrt{0,2 + \frac{1}{n_r}} \leq 1$$

$n_r$  = nombre d'elements a estabilitzar

$w$  = fletxa de l'element estabilitzador

- 3 Les forces laterals degudes a  $N_{Ed}$  i  $w_0$  es poden incrementar de manera substancial per les imprecisions d'execució i la deformació (fletxa)  $w$  del sistema estabilitzador (travada). Aquest increment s'ha de tenir en compte.

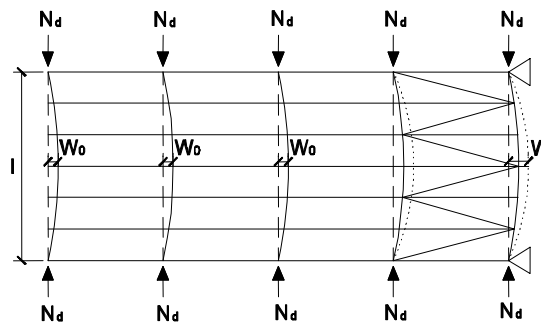


Figura 5.4 Fletxa inicial dels elements a estabilitzar

- 4 Cada element la funció del qual consisteix a proporcionar un suport lateral a un element o un cordó comprimit s'ha de dimensionar per resistir una força lateral equivalent a l'1,5% de l'esforç de compressió màxim que sol·liciti l'element o el cordó a estabilitzar.
- 5 Per a la imperfecció de les barres són admissibles dos plantejaments:
- ometre qualsevol imperfecció de les barres en l'anàlisi global, és a dir, analitzar l'estructura considerant les barres rectes (que, en el cas de pòrtics translacionals, uneixen nusos desplaçats) i comprovar posteriorment les barres a vinclament mitjançant el mètode del factor  $\chi$  descrit en l'articulat.
  - analitzar l'estructura considerant les barres deformades (a més dels nusos desplaçats) i mitjançant una anàlisi en segon ordre. En aquest cas s'han de comprovar les seccions a flexió composta i no es requereix la comprovació de la resistència a vinclament de la barra. En aquest plantejament s'han d'utilitzar les imperfeccions esmentades a la taula 5.8.

### 5.4.2 Accions equivalents

- 1 Alternativament a la consideració de les imperfeccions inicials es pot introduir un conjunt d'accions equivalents, seguint el criteri de la figura 5.5

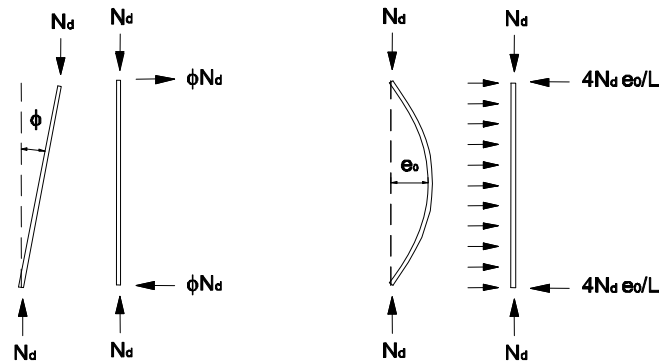


Figura 5.5 Accions equivalents a les imperfeccions inicials

### 5.5 Anàlisi plàstica

- 1 Quan s'utilitzi qualsevol procediment d'anàlisi plàstica s'ha d'assegurar el compliment de les condicions de ductilitat.
- 2 En el cas d'anàlisi rígida-plàstica d'elements estructurals constituïts per barres, l'anterior suposa:
  - a) assegurar la posició de les ròtules plàstiques;
  - b) comprovar que aquestes ròtules es produeixen en les seccions de les barres i que són de classe 1;
  - c) comprovar que les unions veïnes a les seccions en què es produeixen les ròtules són de resistència total;
  - d) comprovar la travada de les barres entre les ròtules.
- 3 En el cas d'anàlisi de xapes en flexió transversal al seu pla, l'anterior suposa:
  - a) assegurar que la posició de les línies de ruptura se situa a la xapa en regions amb relacions d'amplada a gruix superiors a 10.
  - b) comprovar que els empalmaments veïns a les seccions en què es produeixen les ròtules tenen resistència superior a la requerida en el model d'equilibri en ruptura.

## 6 Estats límit últims

### 6.1 Generalitats

- 1 La comprovació davant dels estats límit últims suposa, en aquest DB, l'anàlisi i la verificació ordenada de la resistència de les seccions, de les barres i de les unions.
- 2 Encara que en el cas de les classes 1 i 2 és una opció folgadoament segura, és admissible utilitzar en qualsevol cas criteris de comprovació basats en distribucions elàstiques de tensions, sempre que en cap punt de la secció (i en la classe 4, considerant només l'eficaç) les tensions de càlcul, combinades d'acord amb el criteri de plastificació de Von Mises, superin la resistència de càlcul. En un punt d'una xapa sotmès a un estat pla de tensió seria:

$$\sqrt{\sigma_{xd}^2 + \sigma_{zd}^2 - \sigma_{xd} \cdot \sigma_{zd} + 3 \cdot \tau_{xzd}^2} \leq f_{yd} \quad (6.1)$$

- 3 El valor del límit elàstic utilitzat és el corresponent al material base, segons s'indica a l'apartat 3 d'aquest DB. No es considera l'efecte d'enduriment derivat de la conformació en fred o de qualsevol altra operació.

### 6.2 Resistència de les seccions

#### 6.2.1 Bases

- 1 La capacitat resistent de les seccions establerta en aquest apartat correspon a posicions de les seccions allunyades d'extrems de barra o singularitats, ja sigui per canvis bruscos de forma o per aplicació de càrregues puntuals o reaccions. En els casos esmentats s'ha de tenir en compte l'entorn de la singularitat amb els criteris establerts al capítol 8 o anàlegs a aquests, considerant la geometria de la singularitat.
- 2 La capacitat resistent per a qualsevol classe d'esforç o combinació d'esforços s'obté a partir de la distribució de tensions que optimitzi el valor de la resistència, que equilibri l'esforç o la combinació d'esforços que actui sobre la secció i que en cap punt sobrepassi el criteri de plastificació.
- 3 La capacitat resistent de les seccions depèn de la seva classe. Per a seccions de classe 1 i 2 la distribució de tensions s'escull atenent criteris plàstics (en flexió s'arriba al límit elàstic en totes les fibres de la secció). Per a les seccions de classe 3 la distribució segueix un criteri elàstic (en flexió s'arriba al límit elàstic només en les fibres extremes de la secció), i per a seccions de classe 4 aquest mateix criteri s'estableix sobre la secció eficaç (figura 6.1).

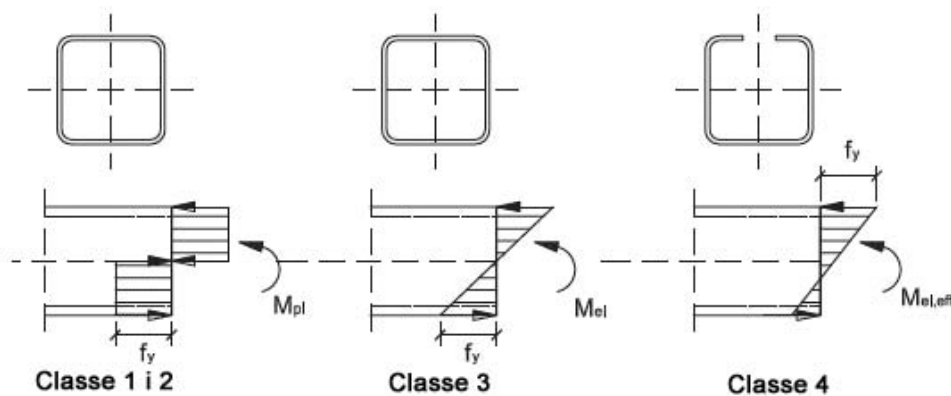


Figura 6.1 Models admesos de distribució de tensions: cas de flexió pura

### 6.2.2 Termes de secció

- 1 Com a secció de càlcul,  $A$ , per a les classes 1, 2 i 3 s'ha de prendre la total, i per a la 4, la neta o eficaç.
- 2 En el càlcul de les característiques de la secció no s'ha de considerar cap tipus de recobriment, encara que sigui metàl·lic (tractaments de galvanitzat).
- 3 L'àrea neta,  $A_{neta}$ , d'una secció és la que s'obté descomptant de la nominal l'àrea dels forats i rebaixos. Quan els forats es disposin a portell, l'àrea a descomptar ha de ser la més gran de:
  - a) la de forats i rebaixos que coincideixin en la secció recta;
  - b) la de tots els forats situats en qualsevol línia trencada, restant el producte  $s^2 \cdot t / (4 \cdot p)$  per cada espai entre forats (figura 6.2, on  $t$  és el gruix de la xapa foradada). En el cas de forats en angulars, l'espaiat "p" entre forats es mesura tal com s'indica a la figura 6.2.

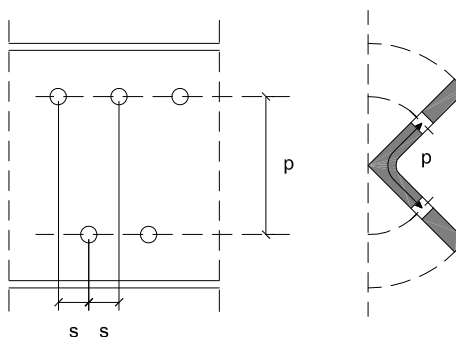


Figura 6.2

### 6.2.3 Resistència de les seccions a tracció

- 1 Com a resistència de les seccions a tracció,  $N_{t,Rd}$ , es pot emprar la plàstica de la secció bruta sense superar l'última de la secció neta:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad (6.2)$$

$$N_{t,Rd} \leq N_{u,Rd} = 0,9 \cdot A_{neta} \cdot f_{ud} \quad (6.3)$$

- 2 Quan es projecti segons criteris de capacitat, la resistència última de la secció neta ha de ser superior a la plàstica de la secció bruta.
- 3 En les seccions extremes en què es practiquen els forats i rebaixos d'ales requerits per a la unió, s'ha de comprovar l'esquinçament de l'ànima, tal com s'indica a l'apartat 8.5.2.

### 6.2.4 Resistència de les seccions a tall

- 1 L'esforç tallant de càlcul  $V_{Ed}$  ha de ser inferior a la resistència de les seccions a tallant,  $V_{c,Rd}$ , que, en absència de torsió, ha de ser igual a la resistència plàstica:

$$V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (6.4)$$

on el terme relatiu a l'àrea a tallant té els valors següents:

- Perfils en I o H carregats paral·lelament a l'ànima:  $A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r_1)t_f$   
(Com a simplificació es pot prendre  $A_v = ht_w$ )
- Perfils en U carregats paral·lelament a l'ànima:  $A_v = A - 2bt_f + (t_w + r_1)t_f$   
(Com a simplificació es pot prendre  $A_v = ht_w$ )



## Document bàsic SE-A Acer

- Perfils en I, H o U carregats perpendicularment a l'ànima:  $A_V = A - d \cdot t_w$
- Seccions armades carregades paral·lelament a les ànimes:  $A_V = \Sigma d \cdot t$
- Seccions armades carregades perpendicularment a les ànimes:  $A_V = A - \Sigma d \cdot t$
- Seccions circulars buides:  $A_V = 2 \cdot A / \pi$
- Seccions massisses:  $A_V = A$

on A és la secció total, i d, t<sub>f</sub>, t<sub>w</sub> i r<sub>1</sub> segons els significats de la figura de l'annex B d'aquest DB.

- 2 S'han de descomptar els forats únicament quan la resistència última sigui inferior a la plàstica:

$$0,9 \cdot A_{V,net} \cdot \frac{f_{ud}}{\sqrt{3}} < A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (6.5)$$

### 6.2.5 Resistència de les seccions a compressió

- 1 La resistència de les seccions a compressió,  $N_{c,Rd}$ , ha de ser
- a) la resistència plàstica de la secció bruta (equació 6.2) per a les seccions de classes 1 a 3;
  - b) la resistència de la secció eficaç per a les seccions de classe 4:

$$N_{u,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd} \quad (6.6)$$

- 2 S'ha de descomptar l'àrea dels forats quan no es disposin els cargols corresponents o quan es tracti de forats lacerats o sobredimensionats.

### 6.2.6 Resistència de les seccions a flexió

- 1 La resistència de les seccions a flexió,  $M_{c,Rd}$ , ha de ser:

- a) la resistència plàstica de la secció bruta per a les seccions de classe 1 i 2:

$$M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd} \quad (6.7)$$

on:

$W_{pl}$  és el mòdul resistent plàstic corresponent a la fibra amb més tensió.

- b) la resistència elàstica de la secció bruta per a les seccions de classe 3:

$$M_{el,Rd} = W_{el} \cdot f_{yd} \quad (6.8)$$

on:

$W_{el}$  és el mòdul resistent elàstic corresponent a la fibra amb més tensió.

- c) la resistència a abonyegament per a les seccions de classe 4:

$$M_{0,Rd} = W_{eff} \cdot f_{yd} \quad (6.9)$$

on:

$W_{eff}$  és el mòdul elàstic de la secció eficaç (corresponent a la fibra amb més tensió).

- 2 L'existència de forats s'ha de tenir en compte segons la seva situació:

- a) només s'ha de descomptar l'àrea dels forats situats a la zona comprimida, quan no es disposin els cargols corresponents o quan es tracti de forats lacerats o sobredimensionats;
- b) si els forats se situen a la zona traccionada s'han de descomptar únicament quan la resistència última de la zona traccionada sigui inferior a la plàstica:

$$0,9 \cdot A_{net,t} \cdot f_{ud} < A_t \cdot f_{yd} \quad (6.10)$$

### 6.2.7 Resistència de les seccions a torsió

- 1 L'esforç torsor  $T_{Ed}$  de qualsevol secció es pot dividir en dos components,  $T_{t,Ed}$ , component corresponent a la torsió uniforme de Saint Vénant, i  $T_{w,Ed}$ , component corresponent a la torsió de guexesa.

$$T_{Ed} = T_{t,Ed} + T_{w,Ed}$$

- 2 En les peces de secció buida tancada prima es pot negligir el component de torsió de guexesa. Anàlogament, en les peces formades per un perfil en doble T (IPE, HEB, etc) es pot negligir el component de torsió uniforme.
- 3 S'han de tenir en compte els estats tensionals derivats de la torsió, i en particular, les tensions tangencials degudes al torsor uniforme,  $\tau_{t,Ed}$ , així com les tensions normals  $\sigma_{\omega,Ed}$  i tangencials  $\tau_{\omega,Ed}$  degudes al bimoment i a l'esforç torsor de torsió de guexesa.
- 4 La comprovació de resistència es pot realitzar amb criteris elàstics d'acord amb l'expressió (6.1).

### 6.2.8 Interacció d'esforços en seccions

- 1 Flexió composta sense tallant:

- a) en general s'han d'utilitzar les fórmules d'interacció, de caràcter prudent, indicades a continuació:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{zEd}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1 \quad \text{Per a seccions de classe 1 i 2}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + \frac{M_{zEd}}{M_{el,Rdz}} \leq 1 \quad \text{Per a seccions de classe 3} \quad (6.11)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{0,Rdy}} + \frac{M_{zEd} + N_{SEd} \cdot e_{Ny}}{M_{0,Rdz}} \leq 1 \quad \text{Per a seccions de classe 4}$$

on:

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

La mateixa formulació pot ser aplicada en el cas de flexió esviada

- b) en el cas de perfils laminats en I o H l'efecte de l'axial es pot negligir si no arriba a la meitat de la resistència a tracció de l'ànima.
- 2 Flexió i tallant:

- a) la secció s'ha de comprovar a tallant segons l'apartat 6.2.4. Addicionalment, si el tallant de càlcul és superior a la meitat de la resistència de la secció a tallant s'ha de comprovar el moment flector de càlcul respecte del resistent obtingut segons:

$$M_{V,Rd} = \left( W_{pl} - \frac{\rho \cdot A_v^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_{yd} \quad \text{Per a seccions en I o H} \quad (6.12)$$

$$M_{V,Rd} = W_{pl} \cdot (1 - \rho) \cdot f_{yd} \quad \text{Resta de casos}$$

on:

$$\rho = \left( 2 \cdot \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \quad (6.13)$$

En cap cas pot ser  $M_{V,Rd} > M_{0,Rd}$

- b) en el cas de perfils laminats en I o H l'efecte d'interacció es pot negligir quan es consideren únicament les ales en el càlcul de la resistència a flexió i l'ànima en el càlcul de la resistència a tallant.
- 3 Flexió, axial i tallant:
- a) sempre que el tallant de càlcul no superi la meitat de la resistència de càlcul de la secció (calculada en absència d'altres esforços), s'han d'utilitzar les fórmules d'interacció donades (vegeu les equacions 6.11);
- b) quan el tallant de càlcul superi la meitat de la resistència de càlcul de la secció (calculada en absència d'altres esforços), la seva resistència per al conjunt d'esforços s'ha de determinar utilitzant per a l'àrea de tallant un valor reduït del límit elàstic (o alternativament del gruix) d'acord amb el factor  $(1-\rho)$ , on  $\rho$  és donat per l'equació 6.13.

4 Tallant i torsió:

En les comprovacions en què intervingui la resistència a tallant s'ha d'utilitzar la resistència plàstica a tallant reduïda per l'existència de tensions tangencials de torsió uniforme:

$$V_{c,Rd} \leq V_{pl,T,Rd} \quad (6.14)$$

on, en seccions buides tancades

$$V_{pl,T,Rd} = \left[ 1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{\left( f_{yd} / \sqrt{3} \right)} \right] V_{pl,Rd} \quad (6.15)$$

5 Flexió i torsió:

En les comprovacions en què intervingui la resistència a flexió s'ha d'utilitzar la resistència a flexió reduïda per l'existència de tensions normals de torsió de guerxa:

$$M_{c,T,Rd} = \left[ 1 - \frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{yd}} \right] \cdot M_{c,Rd} \quad (6.16)$$

expressió en què la tensió normal màxima  $\sigma_{0,Ed}$  es determina mitjançant les expressions de la teoria de torsió no uniforme.

## 6.3 Resistència de les barres

### 6.3.1 Tracció

- 1 Es calculen a tracció pura les barres amb esforç axial centrat. A aquests efectes és admissible negligir els factors:
- deguts al pes propi de les barres de longituds inferiors a 6 m;
  - deguts al vent en les barres de bigues triangulades;
  - deguts a l'excentricitat en les barres de travada quan la seva directriu no estigui en el pla de la unió;
- 2 L'esveltesa reduïda (definida en l'apartat següent) de les barres en tracció de l'estructura principal no ha de superar el valor 3,0; es poden admetre valors de fins a 4,0 en les barres de travada.
- 3 La resistència a tracció pura de la barra,  $N_{t,Rd}$ , ha de ser la resistència plàstica de la secció bruta,  $N_{pl,Rd}$ , calculada segons l'apartat 6.2.

### 6.3.2 Compresió

- 1 La resistència de les barres a compressió,  $N_{c,Rd}$ , no ha de superar la resistència plàstica de la secció bruta,  $N_{pl,Rd}$ , calculada segons l'apartat 6.2, i ha de ser inferior a la resistència última de la barra a vinclament,  $N_{b,Rd}$ , calculada tal com s'indica en els apartats següents.

## Document bàsic SE-A Acer

- 2 En general és necessari comprovar la resistència a vinclament en cada pla possible en què pugui flexar la peça. Aquest DB no abraça el fenomen de vinclament per torsió, que es pot presentar en peces, generalment obertes amb parets primes, en què l'eix de la barra deformada no queda contingut en un pla.

- 3 Com a capacitat a vinclament per flexió, en compressió centrada, d'una barra de secció constant, es pot prendre

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad (6.17)$$

on:

A és l'àrea de la secció transversal en classes 1, 2 i 3, o àrea eficaç  $A_{eff}$  en seccions de classe 4,

$f_{yd}$  és la resistència de càlcul de l'acer, prenent  $f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$  amb  $\gamma_{M1} = 1,1$  d'acord amb 2.3.3,

$\chi$  és el coeficient de reducció per vinclament, el valor del qual es pot obtenir en els epígrafs següents en funció de l'esveltesa reduïda i la corba de vinclament apropiada al cas.

### 6.3.2.1 Barres rectes de secció constant i axial constant

- 1 Es denomina esveltesa reduïda  $\bar{\lambda}$  la relació entre la resistència plàstica de la secció de càlcul i la compressió crítica per vinclament, de valor

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad (6.18)$$

$$N_{cr} = \left( \frac{\pi}{L_k} \right)^2 \cdot E \cdot I$$

on:

E és el mòdul d'elasticitat;

I és el moment d'inèrcia de l'àrea de la secció per a flexió en el pla considerat;

$L_k$  és la longitud de vinclament de la peça, equivalent a la distància entre punts d'inflexió de la deformació de vinclament que la tingui més gran. Per als casos canònics es defineix a la taula 6.1 en funció de la longitud de la peça. Per a condicions diferents per a la càrrega axial o la secció es defineix en apartats posteriors.

- 2 El coeficient  $\chi$  de reducció per vinclament, per a valors de l'esveltesa reduïda  $\bar{\lambda}_k \geq 0,2$ , s'obté de:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - (\bar{\lambda}_k)^2}} \leq 1 \quad (6.19)$$

on:

$$\phi = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_k - 0,2) + (\bar{\lambda}_k)^2 \right] \quad (6.20)$$

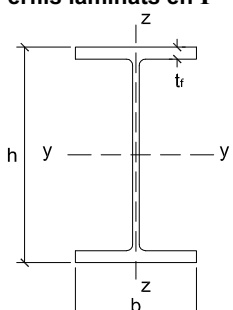
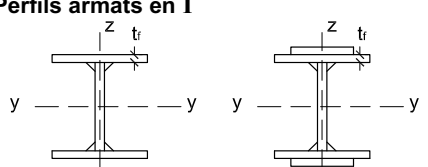
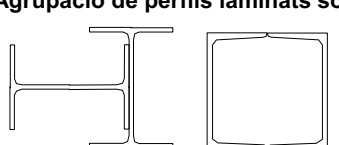
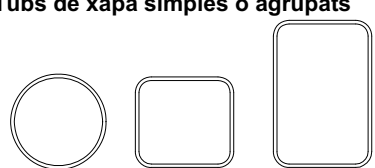
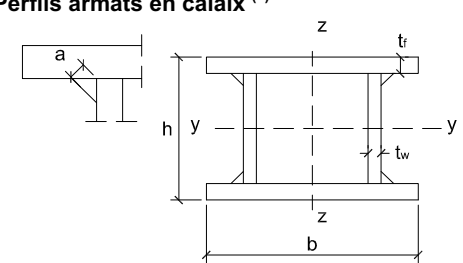
$\alpha$  és el coeficient d'imperfeció elàstica, que adopta els valors de la taula 6.3 en funció de la corba de vinclament (vegeu la taula 6.2). Aquesta representa la sensibilitat al fenomen dependent del tipus de secció, pla de vinclament i tipus d'acer, d'acord amb la taula 6.2.

- 3 Els valors del coeficient  $\chi$  es poden obtenir directament de la figura 6.3 o de la taula 6.3 en funció del coeficient d'imperfeció i de l'esveltesa reduïda.

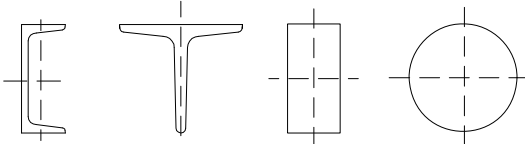
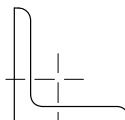
Taula 6.1 Longitud de vinclament de barres canòniques

Condicions d'extrem	biarticulada	biencastada	encastada articulada	biencastada desplaçable	en mènsula
Longitud $L_k$	1,0 L	0,5 L	0,7 L	1,0 L	2,0 L

Taula 6.2 Corba de vinclament en funció de la secció transversal

Tipus de secció	Tipus d'acer				
	S235 a S355		S450		
	Eix de vinclament <sup>(1)</sup>				
	y	z	y	z	
<b>Perfils laminats en I</b>					
	$h/b > 1,2$		$t \leq 40$ mm		
			a	b	$a_0$
	$40$ mm $< t \leq 100$ mm		b	c	a
	$h/b \leq 1,2$		$t \leq 100$ mm		b
		c	d	a	
		d	d	c	
		c	d	c	
		d	d	c	
<b>Perfils armats en I</b>					
	$t \leq 40$ mm		b	c	
	$t > 40$ mm		c	d	
		c	d	c	
		d	d	c	
<b>Agrupació de perfils laminats soldats</b>					
	c	c	c	c	
<b>Tubs de xapa simples o agrupats</b>					
	laminats en calent		a	a	
	conformats en fred		c	c	
		c	c	c	
		c	c	c	
<b>Perfils armats en calaix <sup>(2)</sup></b>					
	soldadura grossa: $a/t > 0,5$ $b/t < 30$ $h/t_w < 30$		c	c	
	en un altre cas		b	b	
		c	c	c	
		b	b	b	

Document bàsic SE-A Acer

Tipus de secció	Tipus d'acer		S235 a S355		S450	
	Eix de vinclament <sup>(1)</sup>		y	z	y	z
<b>Perfils simples U, T, xapa, rodó massís</b>						
			c	c	c	c
<b>Perfils L</b>						
			b	b	b	b

<sup>(1)</sup> Per al significat de l'eix de vinclament i els termes **h**, **b**, **t**, **t<sub>w</sub>**, vegeu l'annex B

<sup>(2)</sup> La variable **a** es refereix a l'amplada de coll de la soldadura

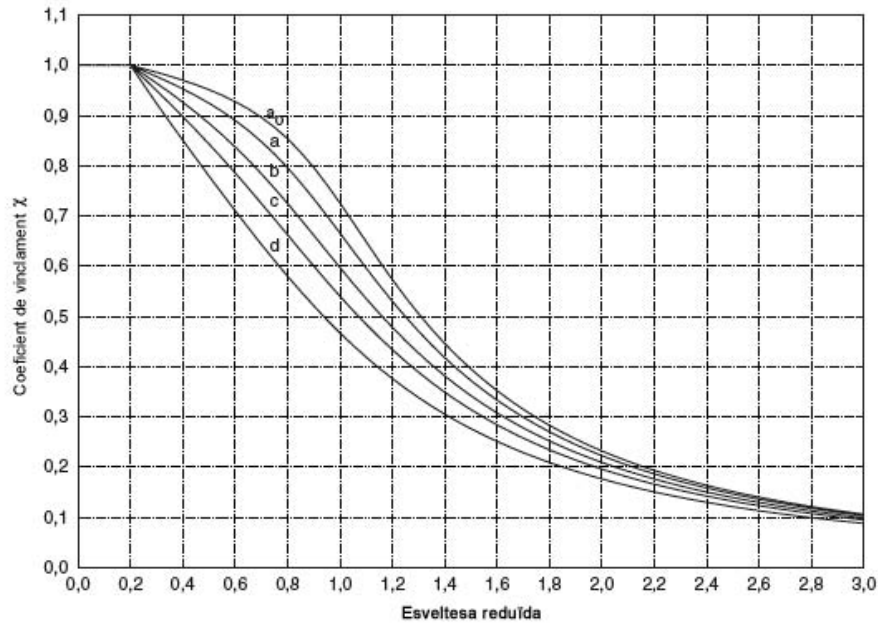


Figura 6.3 Corbes de vinclament

## Document bàsic SE-A Acer

Taula 6.3 Valors del coeficient de vinclament ( $\chi$ )

Esveltesa reduïda	Corba de vinclament				
	$a_0$	a	b	c	d
Coeficient ( $\alpha$ ) d'imperfecció	<b>0,13</b>	<b>0,21</b>	<b>0,34</b>	<b>0,49</b>	<b>0,76</b>
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>0,30</b>	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
<b>0,40</b>	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
<b>0,50</b>	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
<b>0,60</b>	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
<b>0,70</b>	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
<b>0,80</b>	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
<b>0,90</b>	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
<b>1,00</b>	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
<b>1,10</b>	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
<b>1,20</b>	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
<b>1,30</b>	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
<b>1,40</b>	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
<b>1,50</b>	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
<b>1,60</b>	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
<b>1,80</b>	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
<b>2,00</b> <sup>(1)</sup>	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
<b>2,20</b> <sup>(1)</sup>	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
<b>2,40</b> <sup>(1)</sup>	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
<b>2,70</b> <sup>(2)</sup>	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
<b>3,00</b> <sup>(2)</sup>	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

<sup>(1)</sup> esveltesa intolerable en els elements principals  
<sup>(2)</sup> esveltesa intolerable fins i tot en elements de travada

## 6.3.2.2 Esforços axials variables

- 1 Les barres de secció constant sol·licitades per esforços axials que varien de forma lineal o parabòlica al llarg de l'eix es poden calcular com a sotmeses a un esforç axial constant de valor igual al màxim axial actuant i amb la longitud de vinclament igual a:

$$L_k = L \sqrt{\frac{1 + a \cdot N_{\min} / N_{\max}}{b}}$$

en què els paràmetres a i b tenen els valors:

- |                                          |                                                 |                   |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------|
| a) variació lineal, màxim al centre:     | doblement articulada:                           | a = 2,18 b = 3,18 |
|                                          | doblement encastada:                            | a = 0,93 b = 7,72 |
| b) variació parabòlica, màxim al centre: | doblement articulada:                           | a = 1,09 b = 2,09 |
|                                          | doblement encastada:                            | a = 0,35 b = 5,40 |
| c) mènsula amb màxim en l'encastament:   | variació lineal:                                | a = 2,18 b = 3,18 |
|                                          | variació parabòlica:                            | a = 1,09 b = 2,09 |
| e) variació lineal, màxim en un extrem:  | doblement articulada:                           | a = 0,88 b = 1,88 |
|                                          | doblement encastada:                            | a = 0,93 b = 7,72 |
|                                          | articulada en el mínim i encastada en el màxim: | a = 1,65 b = 5,42 |
|                                          | articulada en el màxim i encastada en el mínim: | a = 0,51 b = 3,09 |

## 6.3.2.3 Barres de secció variable

- 1 Les barres comprimides doblement articulades de secció lleugerament variable el moment d'inèrcia de les quals variï entre un mínim,  $I_{\min}$ , i un màxim,  $I_{\max}$ , s'han de comprovar amb un moment d'inèrcia mitjà ponderat,  $I_k$ , de valor:

$$I_k = c I_{\max} \quad (6.21)$$

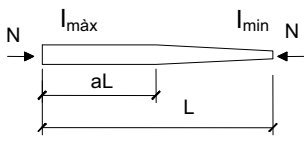
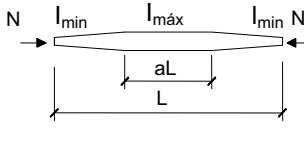
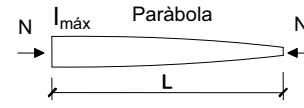
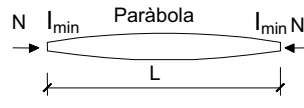
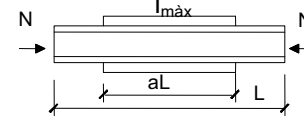
i l'àrea mitjana  $A_{\text{med}}$  al llarg de la barra. El valor de c s'obté de la taula 6.4 entrant amb el paràmetre:

$$v = \sqrt{\frac{I_{\min}}{I_{\max}}} \tag{6.22}$$

i amb la fracció de llum d'inèrcia màxima "a" especificada en la mateixa figura inclosa a la taula. L'esveltesa mecànica de càlcul és:

$$\lambda_k = L \sqrt{\frac{A_{\text{med}}}{I_k}} \tag{6.23}$$

Taula 6.4 Coeficient C en peces de secció variable

Variació de la secció	v a	Coeficient c on $v = \sqrt{I_{\min} / I_{\max}}$									
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	0,0	0,121	0,220	0,316	0,412	0,509	0,606	0,703	0,801	0,900	1,000
	0,1	0,140	0,247	0,348	0,447	0,542	0,636	0,729	0,820	0,911	1,000
	0,2	0,166	0,284	0,391	0,490	0,585	0,675	0,761	0,844	0,923	1,000
	0,3	0,203	0,333	0,446	0,547	0,639	0,722	0,800	0,871	0,938	1,000
	0,4	0,257	0,403	0,521	0,620	0,705	0,779	0,844	0,902	0,953	1,000
	0,5	0,340	0,502	0,620	0,711	0,784	0,843	0,892	0,933	0,969	1,000
	0,6	0,477	0,641	0,745	0,815	0,867	0,906	0,936	0,961	0,982	1,000
	0,7	0,697	0,814	0,875	0,913	0,938	0,957	0,971	0,983	0,992	1,000
	0,8	0,922	0,951	0,966	0,976	0,983	0,988	0,992	0,995	0,998	1,000
	≥0,9	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	0,0	0,259	0,389	0,493	0,583	0,665	0,740	0,810	0,877	0,940	1,000
	0,1	0,308	0,448	0,555	0,643	0,719	0,786	0,846	0,902	0,953	1,000
	0,2	0,371	0,520	0,625	0,707	0,775	0,832	0,881	0,925	0,965	1,000
	0,3	0,453	0,605	0,703	0,775	0,830	0,867	0,914	0,947	0,975	1,000
	0,4	0,558	0,702	0,784	0,841	0,883	0,915	0,942	0,965	0,984	1,000
	0,5	0,686	0,801	0,861	0,900	0,927	0,948	0,965	0,979	0,990	1,000
	0,6	0,819	0,890	0,925	0,946	0,962	0,973	0,982	0,989	0,995	1,000
	0,7	0,925	0,954	0,968	0,978	0,984	0,989	0,992	0,996	0,998	1,000
	0,8	0,982	0,988	0,992	0,994	0,996	0,997	0,998	0,999	0,999	1,000
	≥0,9	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	-	0,273	0,402	0,506	0,595	0,676	0,749	0,817	0,882	0,942	1,000
	-	0,536	0,652	0,728	0,786	0,834	0,875	0,911	0,943	0,973	1,000
	-	0,536	0,652	0,728	0,786	0,834	0,875	0,911	0,943	0,973	1,000
	-	0,273	0,402	0,506	0,595	0,676	0,749	0,817	0,882	0,942	1,000
	0,9	0,221	0,626	0,846	0,924	0,958	0,976	0,986	0,993	0,997	1,000
	0,8	0,060	0,220	0,421	0,605	0,743	0,837	0,902	0,946	0,977	1,000
	0,7	0,027	0,105	0,221	0,395	0,502	0,635	0,753	0,852	0,933	1,000
	0,6	0,016	0,061	0,134	0,231	0,345	0,472	0,606	0,741	0,873	1,000
	0,5	0,010	0,040	0,090	0,160	0,250	0,360	0,490	0,640	0,810	1,000

6.3.2.4 Elements triangulats

- 1 En gelosies espacials formades per perfils buits collats en els seus extrems s'ha de prendre com a longitud de vinclament la distància entre eixos de nusos per a qualsevol barra.
- 2 En bigues planes triangulades s'ha de prendre com a longitud de vinclament:
  - a) per als cordons, vinclament en el pla de la biga, la distància entre eixos de nusos;
  - b) per als cordons, vinclament fora del pla, la longitud teòrica de la barra mesurada entre punts fixos pel fet d'haver-hi travada; en cas que no hi hagi punts fixos, s'ha de tractar com una peça de compressió variable.
  - c) per als muntants i les diagonals, vinclament en el pla de la biga, la longitud lliure entre barres;
  - d) per als muntants i les diagonals, vinclament fora del pla, la longitud entre eixos de nusos.



- 3 En bigues planes triangulades formades per perfils buits de cordons continus i diagonals i muntants soldats de forma contínua en tot el perímetre, es poden prendre com a longituds de vinclament les definides en l'apartat anterior, aplicant el factor 0,9 als cordons i 0,75 als muntants i les diagonals.

### 6.3.2.5 Pilars d'edificis

- 1 La longitud de vinclament  $L_k$  d'un tram de pilar de longitud  $L$  unit rígidament a les altres peces d'un pòrtic intranslacional o d'un pòrtic translacional en l'anàlisi del qual s'hagi utilitzat un mètode de segon ordre que no tingui en compte les imperfeccions dels mateixos pilars, o el mètode de majoració d'accions horitzontals descrit al punt 5.3.1, es pot obtenir del quocient:

$$\beta = \frac{L_k}{L} = \frac{1 + 0,145 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,265 \cdot \eta_1 \eta_2}{2 - 0,364 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,247 \cdot \eta_1 \eta_2} \leq 1 \quad (6.24)$$

- 2 La longitud de vinclament d'un tram de pilar unit rígidament a les altres peces d'un pòrtic translacional en l'anàlisi del qual no s'hagin previst els efectes de segon ordre es pot obtenir del quocient:

$$\beta = \frac{L_k}{L} = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \cdot \eta_1 \eta_2}{1 - 0,8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0,6 \cdot \eta_1 \eta_2}} \geq 1 \quad (6.25)$$

Els quocients  $\beta$  es poden obtenir a la figura 6.4.

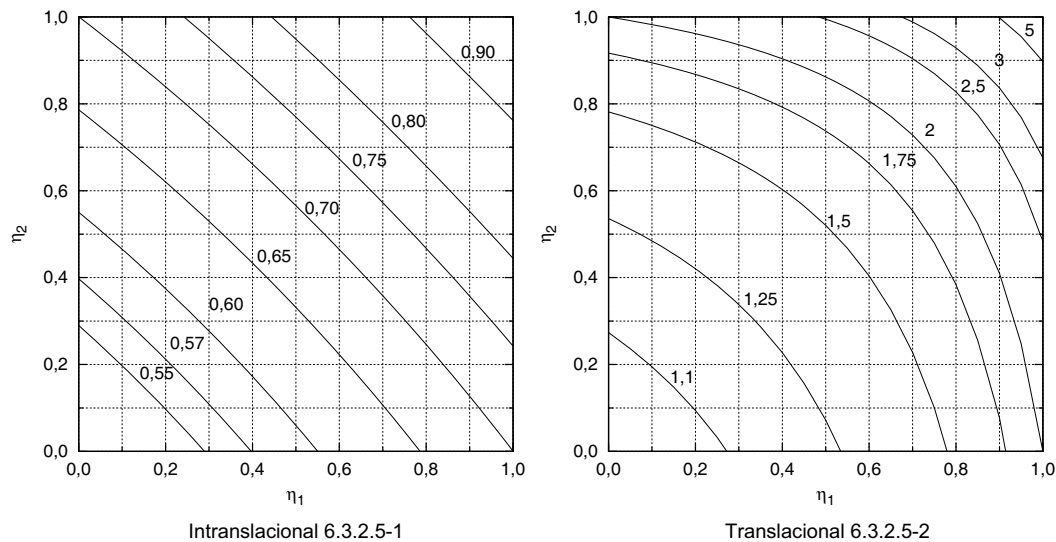


Figura 6.4 Quocients de longitud de vinclament a longitud de barra

- 3 Els coeficients de distribució  $\eta_1$  i  $\eta_2$  anteriors s'obtenen de:

$$\eta_1 = \frac{K_c + K_1}{K_c + K_1 + K_{11} + K_{12}} \quad (6.26)$$

$$\eta_2 = \frac{K_c + K_2}{K_c + K_2 + K_{21} + K_{22}}$$

on:

$K_c$  és el coeficient de rigidesa  $EI/L$  del tram de pilar analitzat;

$K_i$  és el coeficient de rigidesa  $EI/L$  del tram següent de pilar en el nus  $i$ , nul si no n'hi ha;

$K_{ij}$  és el coeficient de rigidesa eficaç de la biga en el nus  $i$ ,  $i$  posició  $j$ .

## Document bàsic SE-A Acer

Si els trams successius tenen una relació  $N/N_{cri}$  diferent, l'aproximació de  $\beta$  obtinguda, i per tant la de la mateixa  $N_{cri}$ , està del costat de la seguretat.

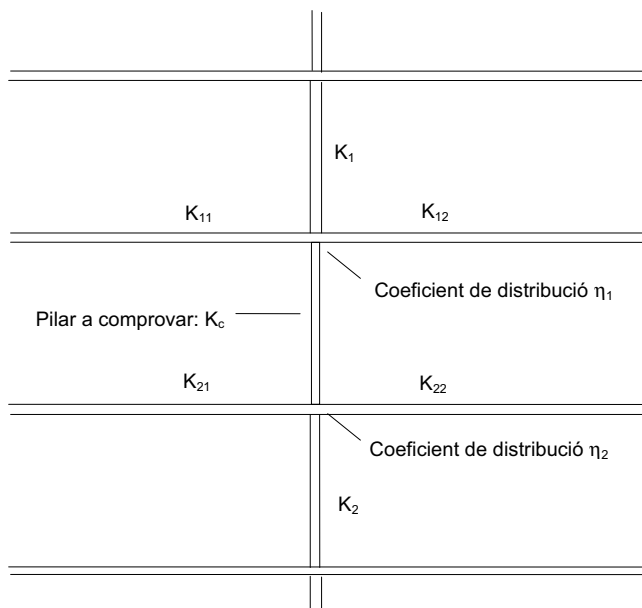


Figura 6.5 Coeficients de distribució

- 4 Els coeficients de rigidesa eficaç de les bigues es poden determinar d'acord amb la taula 6.5, sempre que romanguin elàstiques sota els moments de càlcul.

Taula 6.5 Coeficient de rigidesa eficaç per a una biga en comportament elàstic

Condicions de coacció al gir en la biga en l'extrem contrari al considerat	Coeficient de rigidesa eficaç $K$ de la biga	
	sense compressió rellevant	amb compressió <sup>(1)</sup>
encastat	1,0 $EI/L$	1,0 $EI/L$ (1-0,4 $N/N_{cri}$ )
articulat	0,75 $EI/L$	0,75 $EI/L$ (1 - 1,0 $N/N_{cri}$ )
gir igual i de signe igual	1,5 $EI/L$	1,5 $EI/L$ (1-0,2 $N/N_{cri}$ )
gir igual i de signe oposat	0,5 $EI/L$	0,5 $EI/L$ (1-1,0 $N/N_{cri}$ )
gir $\theta_a$ en el nus considerat i gir $\theta_b$ en l'altre	$(1 + 0,5 \theta_b / \theta_a) EI/L$	-

<sup>(1)</sup>  $N_{cri}$  es refereix al valor crític a compressió de la biga considerada. El cas general (-) no està previst

Quan per la situació de dimensionament considerada el moment de càlcul en qualsevol de les bigues supera  $W_{el}f_{yd}$  s'ha de suposar que la biga està articulada en el punt o punts corresponents.

### 6.3.2.6 Barres de secció composta

- 1 Reben aquest nom les peces formades per dos o més perfils, empalmades mitjançant platabandes d'unió o mitjançant una gelosia triangular, de traçat regular i disposició simètrica.
- 2 El nombre de trams en què queda dividida la barra de secció composta pels elements d'empalmament ha de ser igual o superior a 4, i sempre hi ha d'haver un element d'empalmament al principi i al final de la barra.

## Document bàsic SE-A Acer

- 3 Es denomina eix d'inèrcia material el que passa pel centre de gravetat de les seccions de tots els perfils simples que formen la peça i eix d'inèrcia lliure el que no compleix aquesta condició.
- 4 En el pla perpendicular a l'eix d'inèrcia material el vinclament es comprova com si es tractés d'una barra simple.
- 5 En el pla perpendicular a un eix d'inèrcia lliure s'ha d'adoptar una imperfecció inicial de valor  $L/500$ , del costat desfavorable, que ha de ser ampliada pel factor  $1/(1-r)$ , on  $r$  és la relació de la compressió de càlcul a la compressió crítica. Per determinar-la, la inèrcia equivalent es pot obtenir mitjançant una anàlisi de deformació davant d'acció lateral uniforme en un model que inclogui individualitzadament els elements secundaris, platabandes d'unió o triangulacions de la peça.

Obtinguts els esforços de cada cordó, a partir dels de la peça completa i l'excentricitat esmentada, s'ha de comprovar cada tram de cordó entre elements secundaris suposant per a aquest una imperfecció inicial igual a la definida a la taula 5.8, ampliada a partir de la relació entre la càrrega del cordó i la seva crítica local, suposant articulacions en els extrems del tram.

- 6 En el cas particular de platabandes d'unió, com a compressió crítica es pot prendre l'expressió

$$N_{\text{cri}} = \frac{\pi^2 EA}{L_k^2 / i^2 + l_t^2 / i_t^2} \quad (6.27)$$

on:

$A$  és la secció total dels cordons de la barra,

$L_k$  és la longitud de vinclament de la peça completa com si fos de secció connexa,

$i$  és el radi de gir de la peça completa, com si fos connexa,

$l_t$  és la longitud del tram entre platabandes d'unió,

$i_t$  és el radi de gir del cordó.

- 7 Per al càlcul dels elements de gelosia o platabandes d'unió, al tallant global de la peça s'hi ha d'afegir el procedent de la imperfecció ampliada, que es pot prendre de valor

$$V_{\text{Ed}} = \frac{N_{\text{Ed}}}{150} \cdot \frac{1}{1-r} \quad (6.28)$$

Les peces d'empalmament s'han d'unir rigidament als cordons, bé mitjançant cargols (almenys dos en el cas de platabandes d'unió), bé mitjançant soldadura, i en el cas de les comprimides s'han de comprovar davant d'inestabilitat per vinclament.

### 6.3.3 Flexió

#### 6.3.3.1 General

- 1 Una biga sotmesa a moments flectors dins del seu pla pot vinclar lateralment en cas que la separació entre suports laterals superi un valor determinat. En aquests casos, és necessari efectuar una verificació de la seguretat enfront de vinclament lateral.
- 2 En la determinació de la resistència davant de vinclament lateral d'una biga també s'ha de tenir en compte la interacció amb l'abonyegament de les xapes comprimides.
- 3 No és necessària la comprovació a vinclament lateral quan l'ala comprimida es trava de forma contínua o bé de forma puntual a distàncies inferiors a 40 vegades el radi de gir mínim. No obstant això, en aquests casos s'ha d'assegurar una rigidesa i una resistència adequades dels suports laterals.

### 6.3.3.2 Vinclament lateral

- 1 Si existeix la possibilitat que una biga vincli lateralment, s'ha de comprovar que  $M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$ ; on  $M_{Ed}$  és el valor de càlcul del moment flector i  $M_{b,Rd}$ , el valor de càlcul de la resistència davant de vinclament lateral.  $M_{b,Rd}$  es pot determinar d'acord amb la relació:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad (6.31)$$

on:

$W_y$  és el mòdul resistent de la secció, d'acord amb el seu tipus, és a dir:

$W_y$ :  $W_{pl,y}$  per a seccions de classes 1 i 2

$W_y$ :  $W_{el,y}$  per a seccions de classe 3

$W_y$ :  $W_{ef,y}$  per a seccions de classe 4

$\chi_{LT}$  factor de reducció per al vinclament lateral

El factor de reducció  $\chi_{LT}$  es pot determinar a partir de l'expressió

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1 \quad (6.32)$$

on:

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \left( \bar{\lambda}_{LT} \right)^2 \right] \quad (6.33)$$

on:

$\bar{\lambda}_{LT}$  és l'esveltesa relativa davant del vinclament lateral

$\alpha_{LT}$  és el factor d'imperfeció, obtingut de la taula 6.10

Taula 6.6 Factor d'imperfeció  $\alpha_{LT}$

Element	Limits	Corba de vinclament	$\alpha_{LT}$
Perfil laminat amb secció en doble T	$h/b \leq 2$	a	0,21
	$h/b > 2$	b	0,34
Element armat amb secció en doble T	$h/b \leq 2$	c	0,49
	$h/b > 2$	d	0,76
Elements amb altres seccions	-	d	0,76

L'esveltesa relativa davant del vinclament lateral s'ha de determinar segons la relació

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} \quad (6.34)$$

on:

$M_{cr}$  és el moment crític elàstic de vinclament lateral. El moment crític elàstic de vinclament lateral s'ha de determinar segons la teoria de l'elasticitat, per exemple d'acord amb 6.3.3.3.

- 2 En el cas de perfils laminats o de perfils armats equivalents, quan  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,4$  es pot utilitzar un valor de  $\chi_{LT}=1$ .

- 3 Els suports laterals de l'ala comprimida s'han de dimensionar amb capacitat per resistir els esforços a què han d'estar sotmesos. Els esforços originats per les forces de desviament del suport comprimit d'una biga recta de cantell constant es poden determinar d'acord amb 5.4.1.5).

### 6.3.3.3 Moment crític elàstic de vinclament lateral

- 1 En la majoria de casos pràctics és admissible un càlcul simplificat del moment crític elàstic de vinclament lateral, malgrat les diferències en les condicions de suport, la introducció de les càrregues i la distribució dels moments flectors.
- 2 En els casos en què els suports en els extrems d'una barra impedeixin la seva deformació per torsió, i si la càrrega actua en l'eix de la barra, el moment crític elàstic de vinclament lateral es pot determinar segons l'equació:

$$M_{CR} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2} \quad (6.35)$$

on:

$M_{LTV}$  és el component de  $M_{CR}$  que representa la resistència per torsió uniforme de la barra (S. Venant)

$M_{LTW}$  és el component de  $M_{CR}$  que representa la resistència per torsió no uniforme de la barra.

- 3 El component  $M_{LTV}$  del moment crític elàstic de vinclament lateral es podria determinar a partir de l'equació:

$$M_{LTV} = C_1 \frac{\pi}{L_c} \sqrt{G I_T E I_z} \quad (6.36)$$

on:

$C_1$  és el factor que depèn de les condicions de suport i de la llei de moments flectors que sol·licitin i de la biga

$L_c$  és la longitud de vinclament lateral (distància entre suports laterals que impedeixin el vinclament lateral)

$G$  és el mòdul d'elasticitat transversal

$E$  és el mòdul d'elasticitat

$I_T$  és la constant de torsió uniforme

$I_z$  és el moment d'inèrcia de la secció respecte a l'eix z

Per a les bigues amb seccions esveltes (apartat 5.2.3) s'ha d'adoptar  $M_{LTV}=0$ .

- 4 El component  $M_{LTW}$  del moment crític elàstic de vinclament lateral és determinat per la càrrega crítica elàstica de vinclament del suport comprimit del perfil. Aquest suport està format per l'ala comprimida i la tercera part de la zona comprimida de l'ànima, adjacent a l'ala comprimida. El component  $M_{LTW}$  es pot determinar a partir de l'equació;

$$M_{LTW} = W_{el,y} \frac{\pi^2 E}{L_c^2} C_1 i_{f,z}^2 \quad (6.37)$$

on:

$W_{el,y}$  és el mòdul resistent elàstic de la secció, segons l'eix de forta inèrcia, corresponent a la fibra més comprimida

$i_{f,z}$  és el radi de gir, respecte a l'eix de menor inèrcia de la secció, del suport format per l'ala de la secció, del suport format per l'ala comprimida i la tercera part de la zona comprimida de l'ànima, adjacent a l'ala comprimida

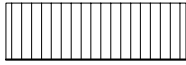
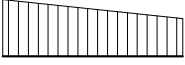
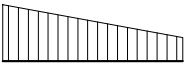
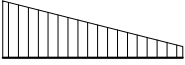
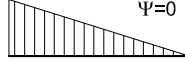
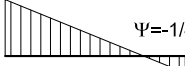
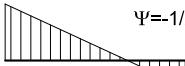
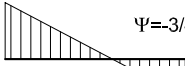
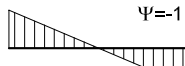
Les característiques mecàniques de la secció del suport comprimit esmentat anteriorment es determinen per a la secció eficaç.

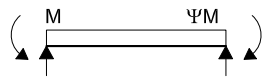
- 5 El factor  $C_1$  té en compte les condicions de suport i la llei de moments flectors que sol·licita la biga. Els valors indicats a la taula 6.7 són vàlids per a trams de bigues en els extrems de les quals

## Document bàsic SE-A Acer

el gir torsional estigui totalment coaccionat i al llarg dels quals el moment flector varia linealment.

Taula 6.11 Valors dels factors  $C_1$ ,  $C_2$  i  $C_3$  corresponents als valors del factor  $k_\varphi$  ( $k_W=1$ )

Condicions de suport i tipus de sol·licitació	Diagrama de moments flexors	$C_1$
	$\Psi=+1$ 	1
	$\Psi=+3/4$ 	1,14
	$\Psi=+1/2$ 	1,32
	$\Psi=+1/4$ 	1,56
	$\Psi=0$ 	1,88
	$\Psi=-1/4$ 	2,28
	$\Psi=-1/2$ 	2,7
	$\Psi=-3/4$ 	2,93
	$\Psi=-1$ 	2,75



### 6.3.3.3 Abonyegament de l'ànima per tallant

- 1 No és necessari comprovar la resistència a l'abonyegament de l'ànima en les barres en què es compleixi:

$$\frac{d}{t} < 70 \cdot \varepsilon \quad (6.36)$$

ni en les que disposin d'enrigradors en els extrems (i intermedis, si s'escau) i en què es compleixi:

$$\frac{d}{t} < 30 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\tau} \quad (6.37)$$

on:

d, t són les dimensions de l'ànima (altura i gruix);

## Document bàsic SE-A Acer

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{\text{ref}}}{f_y}} \quad \text{amb } f_{\text{ref}} = 235 \text{ N/mm}^2.$$

$k_\tau$  és igual:

$$- \quad k_\tau = 4 + \frac{5,34}{\left(\frac{a}{d}\right)^2} \quad \text{Si hi ha enrigidors separats a una distància } a < d$$

$$- \quad k_\tau = 5,34 + \frac{4}{\left(\frac{a}{d}\right)^2} \quad \text{Si hi ha enrigidors separats a una distància } a \geq d$$

$$- \quad k_\tau = 5,34 \quad \text{Si hi ha enrigidors només a les seccions extremes}$$

- 2 La inèrcia  $I_s$  de la secció formada per l'enrigidor més una amplada d'ànima a cada costat de l'enrigidor igual a  $15 t_w \varepsilon$ , amb relació a la seva fibra neutra, paral·lela al pla de l'ànima, ha de ser:

$$I_s \geq 1,5 \cdot \frac{d^3 t^3}{a^2} \quad \text{si } \frac{a}{d} < \sqrt{2} \quad (6.38)$$

$$I_s \geq 0,75 \cdot d \cdot t^3 \quad \text{si } \frac{a}{d} \geq \sqrt{2} \quad (6.39)$$

- 3 La resistència de l'ànima a abonyegament per tallant s'obté de:

$$V_{b,Rd} = \frac{d \cdot t \cdot \tau_b}{\gamma_{M1}} \quad (6.40)$$

on:

$$\tau_b = \frac{f_y}{\sqrt{3}} \quad \bar{\lambda}_w \leq 0,8$$

$$\tau_b = \frac{f_y}{\sqrt{3}} \cdot \left( 1 - 0,625 \cdot \left( \bar{\lambda}_w - 0,8 \right) \right) \quad \text{si } 0,8 < \bar{\lambda}_w < 1,2$$

$$\tau_b = \frac{f_y}{\sqrt{3}} \cdot \left( \frac{0,9}{\bar{\lambda}_w} \right) \quad 1,2 \leq \bar{\lambda}_w$$

on:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{d/t}{37,4 \varepsilon \sqrt{k_\tau}}$$

- 4 Cada enrigidor intermedi s'ha de dimensionar com un suport sol·licitat per l'esforç de compressió:

$$N_{Ed} = V_{Ed} - V_{b,Rd} \quad (6.41)$$

on:

$V_{Ed}$  és el valor de càlcul de l'esforç tallant

$V_{b,Rd}$  és el valor de càlcul de la resistència a abonyegament per tallant

En cas que hi hagi càrregues exteriors que puguin actuar directament sobre l'enrigitdor, aquestes s'han d'afegir al valor de  $N_{Ed}$ . La secció resistent ha d'incloure l'enrigitdor més una amplada d'ànima a cada costat de l'enrigitdor, igual a  $10 t_w \varepsilon$ . La verificació de la seguretat estructural de l'enrigitdor s'ha de portar a terme d'acord amb els mètodes de l'apartat 6.3.2, utilitzant la corba de vinclament  $c$  amb una longitud de vinclament de  $0,8 d$ .

### 6.3.3.5 Càrregues concentrades

- 1 No és necessari comprovar la resistència de l'ànima d'una peça davant de l'aplicació d'una càrrega concentrada (o una reacció en un suport) que actuï sobre les ales si es disposen enrigitdors dimensionats tal com s'indica en l'apartat anterior per resistir una compressió igual a la força concentrada aplicada (o la reacció).
- 2 No és necessari fer rígida l'ànima d'una peça sotmesa a càrregues concentrades que actuïn sobre les ales si es compleix que:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1 \quad (6.42)$$

on:

$F_{Ed}$  és el valor de càlcul de la càrrega concentrada;

$F_{b,Rd}$  és la resistència de càlcul de l'ànima davant de càrregues concentrades.

- 3 La resistència de càlcul de l'ànima davant de càrregues concentrades és donada per:

$$F_{b,Rd} = \frac{f_y \cdot t_w \cdot L_{ef}}{\gamma_{M1}} \quad (6.43)$$

on:

$$L_{ef} = \chi_F \cdot \ell_y \quad (6.44)$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} \leq 1 \quad (6.45)$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{\ell_y \cdot t_w \cdot f_y}{F_{cr}}} \quad (6.46)$$

$$F_{cr} = 0,9 \cdot k_F \cdot E \cdot \frac{t^3}{d} \quad (6.47)$$

Els valors de  $\ell_y$  i de  $k_F$  depenen del cas considerat d'entre els representats a la figura 6.6:

- Cas a): càrrega (o reacció) aplicada a una ala i equilibrada per tallants en l'ànima.

$$k_F = 6 + 2 \left( \frac{d}{a} \right)^2$$

$$\ell_y = s_s + 2 \cdot t \cdot \left( 1 + \sqrt{m_1 + m_2} \right) \leq a$$

- Cas b): càrrega (o reacció) transferida d'una ala a l'altra a través de l'ànima. En cas que hi hagi tallants, es considera la força concentrada de valor superior de les dues.

$$k_F = 3,5 + 2 \left( \frac{d}{a} \right)^2$$

$$\ell_y = s_s + 2 \cdot t \cdot \left( 1 + \sqrt{m_1 + m_2} \right) \leq a$$



## Document bàsic SE-A Acer

- Cas c): càrrega (o reacció) aplicada a una ala prop d'una secció extrema no feta rígida i equilibrada per un tallant en l'altra secció.

$$k_F = 2 + 6 \left( \frac{s_s + c}{d} \right) \leq 6$$

$$l_y = \text{Min}(l_{y1}, l_{y2}, l_{y3})$$

Cada coeficient és donat per les expressions:

$$m_1 = \frac{f_{yf} \cdot b_f}{f_{yw} \cdot t_w}$$

$$m_2 = \begin{cases} 0,02 \left( \frac{d}{t_f} \right) & \text{si } \bar{\lambda}_F > 0,5 \\ 0 & \text{si } \bar{\lambda}_F \leq 0,5 \end{cases} \quad (\text{es pot aproximar } \bar{\lambda}_F \text{ amb l'obtinguda usant } m_2=0 \text{ per aproximar } l_y)$$

$$l_{y1} = l_{\text{eff}} + t_f \sqrt{m_1 + m_2}$$

$$l_{y2} = l_{\text{eff}} + t_f \sqrt{\frac{m_1}{2} + \left( \frac{l_{\text{eff}}}{t_f} \right)^2 + m_2}$$

$$l_{y3} = s_s + 2 \cdot t_f (1 + \sqrt{m_1 + m_2})$$

$$l_{\text{eff}} = \frac{k_F \cdot E \cdot t^2}{2 \cdot f_y \cdot d} \leq s_s + c$$

on:

$s_s$  és la longitud del carregament rígid de la càrrega (vegeu la figura 6.7);

$t_w$  és el gruix de l'ànima;

$t_f$  és el gruix de l'ala;

$f_{yw}$  és la tensió de límit elàstic de l'ànima;

$f_{yf}$  és la tensió de límit elàstic de l'ala;

$E$  és el mòdul d'elasticitat;

$d$  és el cantell de l'ànima.

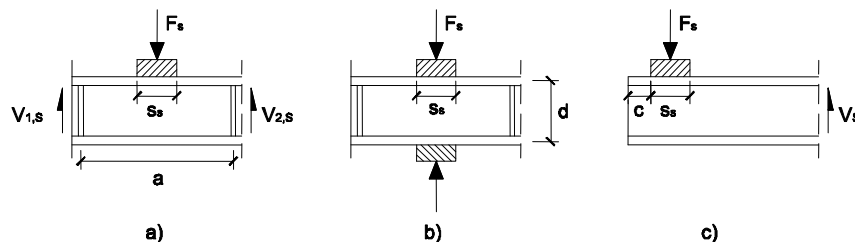


Figura 6.6 Modes de transferència de càrregues concentrades o reaccions

- 4 Si la càrrega concentrada actua en l'eix d'una secció sotmesa a esforços axials i de flexió que produeixin una tensió  $\sigma_{x,Ed}$  en el punt de l'ala situat sota la càrrega, s'ha de verificar que:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}} + 0,8 \cdot \left( \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yf}} \right) \leq 1,4 \quad (6.48)$$

## Document bàsic SE-A Acer

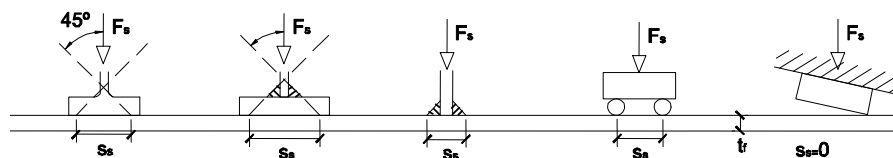


Figura 6.7 Amplada del carregament rigid d'una càrrega sobre una ala

## 6.3.4 Interacció d'esforços en peces

## 6.3.4.1 Elements flectats i traccionats

- 1 En les peces sol·licitades per una combinació d'un moment flector i un esforç axial de tracció, s'ha de comprovar, a més de la resistència a flexotracció de les seves seccions, tal com s'indica al punt 6.2.8, la seva resistència davant del vinclament lateral considerant l'esforç axial i el moment flector com un efecte vectorial.

La tensió combinada en la fibra extrema comprimida es determina mitjançant:

$$\sigma_{\text{com,Ed}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{W_{\text{com}}} - 0,8 \cdot \frac{N_{\text{t,Ed}}}{A} \quad (6.49)$$

on:

$W_{\text{com}}$  és el moment resistent de la secció referit a la fibra extrema comprimida;

$N_{\text{t,Ed}}$  és el valor de càlcul de l'axial de tracció;

$M_{\text{Ed}}$  és el valor de càlcul del moment flector;

$A$  és l'àrea bruta de la secció.

La comprovació es porta a terme utilitzant un flector efectiu  $M_{\text{ef,Sd}}$

$$M_{\text{ef,Ed}} = W_{\text{com}} \cdot \sigma_{\text{com,Ed}} \quad (6.50)$$

i la resistència de càlcul al vinclament lateral indicada a l'apartat 6.3.3.2.

## 6.3.4.2 Elements comprimits i flectats

- 1 Llevat que es porti a terme un estudi més precís mitjançant el procediment general descrit al punt 5.4, les comprovacions d'estabilitat de peça s'han de realitzar aplicant les fórmules que s'indiquen a continuació, distingint entre les que siguin sensibles o no a la torsió (per exemple, seccions obertes o tancades, respectivament).

La comprovació s'ha de portar a terme amb les fórmules següents:

Per a tota peça:

$$\frac{N_{\text{Ed}}}{\chi_y \cdot A^* \cdot f_{\text{yd}}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{\text{Ed}}}{\chi_{\text{LT}} W_y \cdot f_{\text{yd}}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{\text{Ed}}}{W_z \cdot f_{\text{yd}}} \leq 1 \quad (6.51)$$

A més, només en peces no susceptibles de vinclament per torsió

$$\frac{N_{\text{Ed}}}{\chi_z \cdot A^* \cdot f_{\text{yd}}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{\text{Ed}}}{W_y \cdot f_{\text{yd}}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{\text{Ed}}}{W_z \cdot f_{\text{yd}}} \leq 1 \quad (6.52)$$

A més, només en peces susceptibles de vinclament per torsió

$$\frac{N_{\text{Ed}}}{\chi_z \cdot A^* \cdot f_{\text{yd}}} + k_{y\text{LT}} \cdot \frac{M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{\text{Ed}}}{\chi_{\text{LT}} W_y \cdot f_{\text{yd}}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{\text{Ed}}}{W_z \cdot f_{\text{yd}}} \leq 1 \quad (6.53)$$

on:

## Document bàsic SE-A Acer

$N_{Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$  són els valors de la força axial i dels moments de càlcul de valor absolut més gran de la peça,

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1},$$

els valors d' $A^*$ ;  $W_y$ ;  $W_z$ ;  $\alpha_y$ ;  $\alpha_z$ ;  $e_{N,y}$ , i  $e_{N,z}$  estan indicats a la taula 6.12;

$\chi_y$  i  $\chi_z$  són els coeficients de vinclament en cada direcció;

$\chi_{LT}$  és el coeficient de vinclament lateral, segons 6.3.3; s'ha de prendre igual a 1,00 en peces no susceptibles de vinclament per torsió.

$e_{N,y}$  i  $e_{N,z}$  són els desplaçaments del centre de gravetat de la secció transversal efectiva respecte a la posició del centre de gravetat de la secció transversal bruta, en peces amb seccions de classe 4.

Els coeficients  $k_y$ ,  $k_z$ ,  $k_{yLT}$  s'indiquen a la taula 6.13.

Els factors de moment flector uniforme equivalent  $c_{m,y}$ ,  $c_{m,z}$ ,  $c_{mLT}$  s'obtenen de la taula 6.10 en funció de la forma del diagrama de moments flectors entre punts travats, tal com s'indica a la taula.

En les barres de pòrtics d'estructures sense travar amb longituds de vinclament superiors a la de les mateixes barres s'ha de prendre:

$$c_m = 0,9 \quad (6.53)$$

**Taula 6.8 Termes de comprovació, segons pitjor classe de secció a la peça**

Classe	$A^*$	$W_y$	$W_z$	$\alpha_y$	$\alpha_z$	$e_{N,y}$	$e_{N,z}$
1	A	$W_{pl,y}$	$W_{pl,z}$	0,6	0,6	0	0
2	A	$W_{pl,y}$	$W_{pl,z}$	0,6	0,6	0	0
3	A	$W_{el,y}$	$W_{el,z}$	0,8	1	0	0
4	$A_{eff}$	$W_{eff,y}$	$W_{eff,z}$	0,8	1	Segons peça i tensions	Segons peça i tensions

## Document bàsic SE-A Acer

Taula 6.9 Coeficients d'interacció segons pitjor classe de secció a la peça

Classe	Tipus de secció	$k_y$	$k_z$	$k_{yLT}$
1 i 2	I, H, obertes	$1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{C,Rd}}$	$1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$	el menor de
	Buida prima		$1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$	$1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{(c_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{C,Rd}} \cdot \frac{N_{Ed}}{0,6 + \bar{\lambda}_z}$
3 i 4	Totes	$1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{C,Rd}}$	$1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$	$1 - \frac{0,05 \cdot \bar{\lambda}_z}{(c_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{C,Rd}} \cdot \frac{N_{Ed}}{0,6 + \bar{\lambda}_z}$

On:

$\bar{\lambda}_y$  i  $\bar{\lambda}_z$  són els valors de les esvelteses reduïdes per als eixos y - y i z - z, no superiors a 1,00.

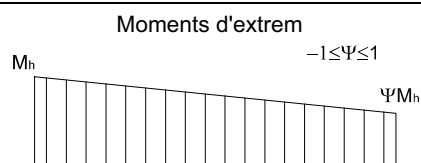
$$N_{C,Rd} = A^* \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

Taula 6.10 Coeficients del moment equivalent

Factor de moment flector	Eix de flexió	Punts travats en direcció
$C_{m,y}$	y-y	z - z
$C_{m,z}$	z - z	y-y
$C_{m,LT}$	y-y	y-y

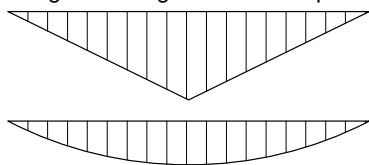
  

Diagrama de flectors	Factor de moment uniforme equivalent
	$C_{m,y} = C_{m,i} (i=y)$
	$C_{m,z} = C_{m,i} (i=z)$
	$C_{m,LT} = C_{m,i} (i=LT)$



$$C_{m,i} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi \geq 0,4$$

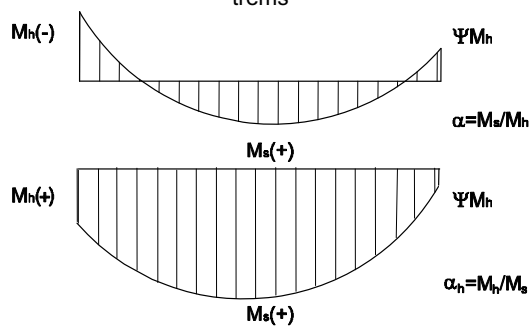
Moment degut a càrregues laterals coplanàries



$$C_{m,i} = 0,9$$

$$C_{m,i} = 0,95$$

Moments deguts a càrregues laterals i moments d'extrem



$$C_{m,i} = 0,1 - 0,8 \cdot \alpha \geq 0,4 \text{ si } -1 \leq \alpha \leq 0$$

$$C_{m,i} = 0,2 + 0,8 \cdot \alpha \geq 0,4 \text{ si } 0 \leq \alpha \leq 1$$

$$C_{m,i} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h \text{ amb } -1 \leq \alpha_h \leq 1$$

## 7 Estats límit de servei

- 1 Els estats límit de servei tenen com a objectiu verificar el compliment de l'exigència bàsica SE-2: aptitud al servei,
  - a) limitant els danys en elements constructius no estructurals habituals, en limitar la deformació acumulada des del moment de la seva posada en obra (fletxa activa);
  - b) mantenint l'aparença geomètrica de l'estructura, limitant les desviacions per deformació total respecte de la geometria amb què l'usuari reconeix l'estructura. La desviació esmentada es pot delimitar limitant els desplaçaments o establint mesures inicials que contrarestin els seus efectes, com les contrafletxes.
- 2 Els estats límit a considerar i els valors límit de cadascun, fletxes, volades i vibracions, són els establerts a SE 4.3, d'acord amb el tipus d'edifici i el dels elements implicats en la deformació.
- 3 Pot ser necessari establir límits més exigents en el cas d'usos concrets, com és el cas de la limitació de vibracions en sales especials, com algunes d'hospitals. Igualment, pot ser necessari per necessitats constructives particulars, com les derivades del suport de carrils de grues o ancoratges de murs cortina. En aquests casos s'han d'utilitzar els mètodes establerts en aquest DB per assegurar el respecte als límits que pugui requerir l'ús previst o el sistema constructiu adoptat, tal com ho estableixi el seu fabricant.

### 7.1 Deformacions, fletxa i volada

- 1 En el càlcul de les deformacions s'ha de tenir en compte la rigidesa de les unions i de les seccions esveltes, els efectes de segon ordre, la possible existència de plastificacions locals i el procés constructiu.
- 2 No es consideren en aquest apartat les deformacions que indueixen estats límits últims, com ara les situacions d'acumulació d'aigua per pèrdua de pendent, l'acumulació de formigó fresc durant la construcció o la realització de rebliments no previstos per corregir errors o mantenir el nivell d'acabats.
- 3 En la comprovació es pot considerar l'efecte favorable de mesures tendents a reduir el valor de la fletxa activa (actuant sobre el pla d'obra de forma que l'execució dels elements fràgils d'acabat s'endarrereixi, aplegant els materials d'acabat de forma prèvia al seu ús, etc.) o de la fletxa màxima (contrafletxes), sempre que aquestes quedin reflectides en els plans de projecte dels elements afectats i es controlin adequadament durant la construcció.

### 7.2 Vibracions

#### 7.2.1 Generalitats

- 1 Les estructures en què les accions variables puguin induir vibracions s'han de concebre de manera que s'evitin els fenòmens de ressonància possibles que podrien provocar ruptures per fatiga o afectar negativament la resistència última.
- 2 En cas que una estructura estigui sotmesa a unes accions periòdiques d'alternança ràpida, se n'ha d'analitzar el comportament davant de les vibracions. S'han d'examinar, en aquest context, els efectes sobre l'aptitud al servei de l'estructura quant al:
  - confort dels usuaris de l'edifici;
  - comportament dels elements no estructurals;
  - funcionament d'equips i instal·lacions.
- 3 En els forjats d'edificació es poden distingir entre vibracions de caràcter continu i transitori. Les vibracions contínues són les induïdes pel funcionament de màquines amb peces en moviment o pels moviments rítmics de persones en practicar esports, ballar, etc.

## Document bàsic SE-A Acer

- 4 Les exigències relatives al comportament davant de les vibracions contínues estan reflectides al document DB SE. En el cas de les obres destinades a usos per als quals el DB SE no defineix cap exigència específica, o si es requereix una anàlisi més detallada, es pot adoptar com a criteri d'acceptació el límit superior de les vibracions contínues en termes de l'acceleració màxima admissible en funció de la freqüència d'oscil·lació (figura 7.1)
- 5 La circulació normal de les persones pot induir vibracions en un forjat en cas que tingui una massa reduïda i estigui recolzat en bigues amb llums importants i rigideses petites. En aquest tipus de forjats, dimensionats per resistir càrregues estàtiques, s'hauria de verificar el comportament davant de les vibracions transitòries. En absència d'altres exigències, més restrictives, que no estiguin basades en la percepció humana (vegeu 7.2.1 (2), la verificació es pot efectuar d'acord amb el que estableix l'apartat 7.2.2.

## 7.2.2 Vibracions transitòries en forjats

### 7.2.2.1 Percepció humana

- 1 Els forjats es poden classificar en categories diferents, segons les reaccions humanes provocades per les vibracions:
  - imperceptibles per als usuaris
  - perceptibles, però no molestes
  - molestes
  - molt molestes o perjudicials per a la salut
- 2 El criteri d'acceptació (segons aquest apartat) d'un forjat amb relació al seu comportament davant de les vibracions transitòries està basat en la percepció humana, tenint en compte l'acceleració màxima i la freqüència d'oscil·lació del forjat, així com el seu amortiment.
- 3 La figura 7.1 representa els límits d'acceptació de les vibracions transitòries en forjats d'edificis destinats a habitatge, ús administratiu, ensenyament i comerç, respectivament. Els límits es representen en termes de l'acceleració màxima admissible, en funció de la freqüència pròpia del primer mode de vibració del forjat i de l'amortiment.

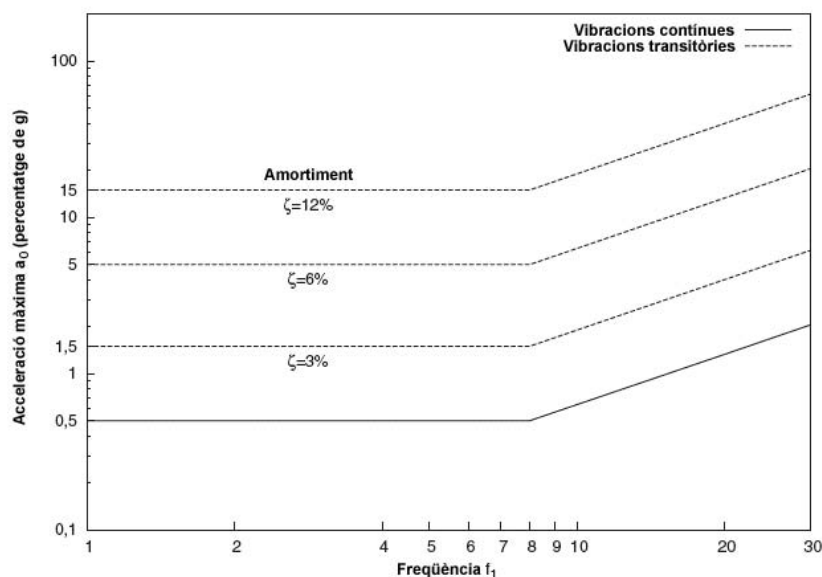


Figura 7.1. Límits d'acceptació, basats en la percepció humana de les vibracions dels forjats d'edificació

## Document bàsic SE-A Acer

- 4 La freqüència pròpia del primer mode de vibració del forjat, la seva acceleració màxima i el seu amortiment es poden estimar segons els apartats 7.2.2.2, 7.2.2.3 i 7.2.2.4, respectivament.

**7.2.2.2 Freqüència d'oscil·lació**

- 1 La freqüència d'oscil·lació d'un forjat pot ser avaluada mitjançant qualsevol mètode dinàmic capaç de representar adequadament les característiques elàstiques i inercials de l'estructura.
- 2 A manca d'una anàlisi més detallada, la freqüència d'oscil·lació d'un forjat es pot estimar a partir de la freqüència pròpia d'una biga hipotètica les característiques de la qual es basen en les hipòtesis següents:
- La biga es considera mixta, independentment del mode de construcció del forjat (amb connexió o sense entre bigues metàl·liques i llosa).
  - L'amplada eficaç de la llosa equival a la separació  $s$  de les bigues metàl·liques.
  - En cas d'una llosa alleugerida (per exemple un forjat mixt on les peces proporcionen un alleugeriment), es considera amb un gruix equivalent al d'una llosa massissa de pes idèntic.
- 3 La freqüència pròpia del primer mode de vibració  $f_1$  d'una biga birecolzada es pot determinar segons la relació:

$$f_1 = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{E_a I_b}{m L^4}} \quad (7.1)$$

on:

$E$  és el mòdul d'elasticitat de l'acer

$I_b$  és el moment d'inèrcia de la secció mixta definida a 7.2.2.2. (2)

$\bar{m}$  és la massa per unitat de longitud de la biga en oscil·lació, incloent el pes propi de la biga d'acer i la de llosa, les càrregues permanents i una part de la sobrecàrrega (valor gairebé permanent)

$L$  és la llum de la biga birecolzada

Les bigues contínues es poden tractar, a primera aproximació, com a bigues birecolzades, ja que els buits adjacents al buit analitzat oscil·len en sentit contrari.

- 4 En forjats amb dos nivells de bigues (jàsseres sobre les quals recolzen les corretges perpendiculars, que alhora formen els suports de la llosa), la freqüència pròpia del sistema és més petita que la d'un forjat equivalent però amb un sol nivell de bigues, ja que la rigidesa del conjunt del sistema és més gran. A manca d'una anàlisi més detallada, la freqüència pròpia d'un forjat amb dos nivells de bigues es pot estimar a partir de la relació:

$$\frac{1}{f_{1,sis}^2} = \frac{1}{f_{1,cor}^2} + \frac{1}{f_{1,jac}^2} \quad (7.2)$$

on:

$f_{1,sis}$  és la freqüència pròpia del primer mode de vibració del sistema (forjat)

$f_{1,cor}$  és la freqüència pròpia del primer mode de vibració de la corretja considerant indeformables les jàsseres perpendiculars en què recolza.

$f_{1,jac}$  és la freqüència pròpia de la jàssera

**7.2.2.3 Acceleració màxima**

- 1 L'acceleració màxima inicial de la vibració d'un forjat, a causa d'un impuls  $I$ , es pot determinar a partir de la relació:



## Document bàsic SE-A Acer

$$a_0 = 0,9 \frac{2\pi f_1 l}{M} \quad (7.3)$$

on:

$a_0$  és l'acceleració màxima inicial [ $m/s^2$ ]

$f_1$  és la freqüència pròpia del primer mode de vibració del forjat [ $s^{-1}$ ]

$l$  és l'impuls [Ns]

$M$  és la massa vibrant [kg]

2 En cas que l'impuls es degui al desplaçament d'una persona, es pot admetre un valor de  $l=67$  Ns

3 Per a una biga birecolzada la massa vibrant eficaç es pot determinar a partir de la relació:

$$M=0,67 \cdot m \cdot bL \quad (7.4)$$

on:

$m$  és la massa per unitat de superfície del forjat en oscil·lació, incloent el pes propi, les càrregues permanents i una part de la sobrecàrrega (valor quasi permanent)

$b$  és l'amplada eficaç de la llosa ( $b=s$ )

$s$  és la separació de les bigues d'acer

$L$  és la llum de la biga birecolzada

4 En forjats amb dos nivells de bigues (jàsseres i corretges), la superfície del forjat  $b \cdot L$  a introduir en la relació (7.4) es pot determinar de la manera següent:

$$bL = \left( \frac{f_{1, \text{sis}}}{f_{1, \text{cor}}} \right)^2 b_{\text{cor}} L_{\text{cor}} + \left( \frac{f_{1, \text{sis}}}{f_{1, \text{jac}}} \right)^2 b_{\text{jac}} L_{\text{jac}} \quad (7.5)$$

on:

$b_{\text{cor}}$  és l'amplada de la llosa tributària de la corretja ( $b_{\text{cor}}=S$ )

$S$  és la separació de les corretges

$L_{\text{cor}}$  és la llum de la corretja

$b_{\text{jac}}$  és l'amplada de la llosa tributària de la jàssera ( $b_{\text{jac}}=L_{\text{cor}}$ )

$l_{\text{jac}}$  és la llum de la jàssera

#### 7.2.2.4 Amortiment

1 El percentatge d'amortiment  $\zeta$  disponible en un forjat depèn d'un gran nombre de paràmetres com ara les característiques de la construcció, el gruix i el pes de la llosa, la presència d'elements com la protecció contra incendis, instal·lacions, falsos sostres, revestiments del terra, mobiliari, envans, etc. Per aquest motiu, la quantificació de l'amortiment disponible resulta extremadament difícil.

2 A manca d'una anàlisi més detallada, el percentatge d'amortiment disponible en un forjat es pot estimar d'acord amb els criteris següents:

- Forjat sol (estructura)  $\zeta = 3\%$
- Forjat acabat (amb instal·lacions, fals, sostre, revestiment, mobiliari)  $\zeta = 6\%$
- Forjat acabat amb envans  $\zeta = 12\%$

#### 7.2.2.5 Verificació

1 La verificació, des del punt de vista de la percepció humana, del comportament davant de les vibracions transitòries dels forjats en edificis d'habitatges, oficines, escolars o comercials

## Document bàsic SE-A Acer

s'ha de realitzar mitjançant la figura 7.1. La freqüència pròpia del primer mode de vibració del forjat s'ha de determinar d'acord amb l'apartat 7.2.2.2. L'acceleració màxima de les vibracions s'ha d'estimar d'acord amb els apartats 7.2.2.3 i s'ha de representar com a percentatge de l'acceleració  $g=9,81 \text{ m/s}^2$ .

- 2 El forjat analitzat es pot representar en el diagrama de la figura 7.1 mitjançant un punt, definit per la freqüència pròpia del seu primer mode de vibració, així com l'acceleració màxima inicial de la vibració, normalitzada amb  $g$ . En cas que aquest punt estigui per sota del límit d'acceptació apropiat, que depèn del percentatge d'amortiment disponible, el forjat es pot considerar apte per al servei des del punt de vista de les vibracions transitòries.
- 3 Als efectes de la verificació, es pot distingir entre els dos casos següents:
  - Determinació, mitjançant interpolació del percentatge d'amortiment requerit perquè l'acceleració màxima de la vibració no sobrepassi el límit d'acceptació.
  - En cas que es conegui el percentatge d'amortiment disponible, determinació de l'acceleració màxima admissible sense superar el límit d'acceptació, que ha de ser superior a l'acceleració màxima de la vibració del forjat.

### 7.3 Lliscament d'unions

- 1 L'aparició de lliscament entre les peces que integren una unió collada és un estat límit de servei que no s'ha d'assolir en estructures que s'acullin a aquest DB. Amb aquesta finalitat s'ha d'assegurar que l'esforç tangencial no superi la capacitat resistent a lliscament establerta a l'apartat 7.3.2.
- 2 Les condicions resistents que han de complir les unions esmentades davant d'estats límit últims s'estableixen a l'apartat 8.2.1, amb els valors de la resistència de càlcul a tallant.

#### 7.3.1 Pretesat

- 1 El collament controlat dels cargols ha de proporcionar al cargol una força de pretesat de càlcul  $F_{p,Cd}$  que s'ha de prendre com a:

$$F_{p,Cd} = 0,7 f_{yb} A_s \quad (7.6)$$

on:

$f_{yb} = f_{ub} / \gamma_{M3}$  és la resistència de càlcul de l'acer del cargol, amb  $\gamma_{M3} = 1,1$ ;

$A_s$  és la àrea resistent del cargol, definida com la corresponent al diàmetre mitjà entre l'interior i el dels flancs de la rosca segons la norma DIN 13. A la taula 7.3 es donen alguns valors.

Taula 7.3 Àrea resistent del cargol

Diàmetre (mm)	16	20	22	24	27	30
Àrea resistent (mm <sup>2</sup> )	157	245	303	353	459	561

#### 7.3.2 Resistència de càlcul a lliscament

- 1 La resistència de càlcul a lliscament d'un cargol pretesat s'ha de prendre com a:

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s n \mu}{\gamma_{M3}} F_{p,Cd} \quad (7.7)$$

on:

$\gamma_{M3} = 1,1$  (en unions híbrides constituïdes per cargols d'alta resistència i soldadura treballant conjuntament s'adopta el valor 1,25);

$F_{p,Cd}$  és la força de pretesat del cargol (vegeu l'apartat 7.3.1);

$n$  és el nombre de superfícies de fricció;

## Document bàsic SE-A Acer

- $k_s$  és el coeficient que pren els valors següents:
- $k_s = 1,00$  per a forats amb mesures normals;
  - $k_s = 0,85$  per a forats amb sobremesures o lacerats curts;
  - $k_s = 0,70$  per a forats lacerats llargs;
- $\mu$  és el coeficient de fricció, que pren els valors següents (que es corresponen amb les categories A a D de la taula 7 de l'UNE-ENV 1090-1:1997).
- $\mu = 0,50$  per a superfícies tractades amb raig de granalla o sorra, i per a superfícies tractades amb raig de granalla o sorra i posterior tractament amb alumini;
  - $\mu = 0,40$  per a superfícies tractades amb raig de granalla o sorra i pintades amb un silicat alcalí de zinc;
  - $\mu = 0,30$  per a superfícies netejades amb ribot metàl·lic o amb flama, amb eliminació de parts oxidades;
  - $\mu = 0,20$  per a superfícies no tractades.
- 2 Quan actuïn simultàniament sobre el cargol esforços de tracció i tallant, l'expressió de la resistència de càlcul a lliscament és:
- $$F_{s,Rd} = \frac{k_s n \mu (F_{p,Cd} - 0,8 F_{t,Ed,ser})}{\gamma_{M3}} \quad (7.8)$$
- on:
- $F_{t,Ed,ser}$  és l'esforç axial de càlcul en servei per cargol, al qual, si s'escau, s'hi ha d'afegir les traccions degudes a l'efecte palanca (figura 8.1).
- 3 La resistència al lliscament no es redueix quan les traccions en els cargols provenguin d'un moment i estiguin equilibrades per una força de contacte igual a la zona comprimida.

## 8 Unions

### 8.1 Bases de càlcul

- 1 Les unions s'han de projectar de forma coherent amb el conjunt de l'estructura, fet que suposa un comportament en consonància amb les hipòtesis suposades en l'anàlisi global.

### 8.2 Criteris de comprovació

- 1 Les unions s'han de comprovar a resistència. A més, s'ha de comprovar la capacitat de rotació de les unions en què es prevegi la formació de ròtules plàstiques en l'anàlisi global.
- 2 En qualsevol unió s'ha de verificar que els valors de càlcul dels efectes de les accions,  $E_d$ , per a qualsevol de les situacions de càlcul (o combinacions d'accions rellevants) no superen la resistència de càlcul,  $R_d$ , corresponent, obtinguda segons l'apartat 8.4, és a dir:

$$E_d \leq R_d \quad (8.1)$$

S'han de dimensionar amb capacitat per resistir els mínims següents:

- a) en el cas de nusos rígids i empalmaments la meitat de la resistència última de cadascuna de les peces a unir;
  - b) en el cas d'unions articulades la tercera part de l'axial o el tallant últim (segons el cas) de la peça a unir.
- 3 El repartiment dels esforços sobre la unió entre els elements que la componen es pot realitzar mitjançant mètodes elàstics o plàstics. En qualsevol cas:
    - a) els esforços sobre els elements de la unió han d'equilibrar els aplicats a la mateixa unió;
    - b) la distribució d'esforços ha de ser coherent amb la de rigideses;
    - c) si s'utilitzen criteris de distribució en règim plàstic, s'han de suposar mecanismes de fallada raonables, per exemple els basats en la rotació com a sòlid rígid d'una de les parts de la unió;
    - d) si s'utilitzen criteris de distribució en règim plàstic, s'ha de comprovar la capacitat de deformació dels elements.
  - 4 S'ha de tenir en compte l'excentricitat existent en una unió. En el cas d'unions d'angulars collades amb almenys dos cargols en una de les ales es poden considerar les línies de rosset dels cargols com a eixos de gravetat, tenint només en compte la part de secció dels angulars l'eix de gravetat dels quals coincideix amb aquests.
  - 5 S'han de considerar les traccions addicionals degudes a l'"efecte palanca" (vegeu la figura 8.1.a)) si la natura de la unió fa que apareguin. En l'avaluació de les traccions degudes a l'efecte palanca,  $Q$ , s'han de considerar les rigideses relatives de les xapes de la unió i la seva geometria. L'efecte palanca es pot evitar augmentant la rigidesa dels elements (xapa frontal) de la unió (figura 8.1.b)). S'admet convencionalment que no hi ha efecte palanca si la longitud d'allargament del cargol o pern  $L_b$  (igual a la distància entre la meitat del cap i la femella —o, en cas d'ancoratges a fonaments, el punt a 8 diàmetres des de la superfície d'inserció a la sabata—) supera el valor següent:

$$L_b \geq \frac{6,9 d^2 m^3}{I_{ef} t^3} \quad (8.2)$$

on (vegeu la figura 8.1.b):

$I_{ef}$  és la longitud eficaç en flexió d'ala de la T, corresponent al cargol considerat.

$d$  és el diàmetre del cargol o pern

Document bàsic SE-A Acer

---

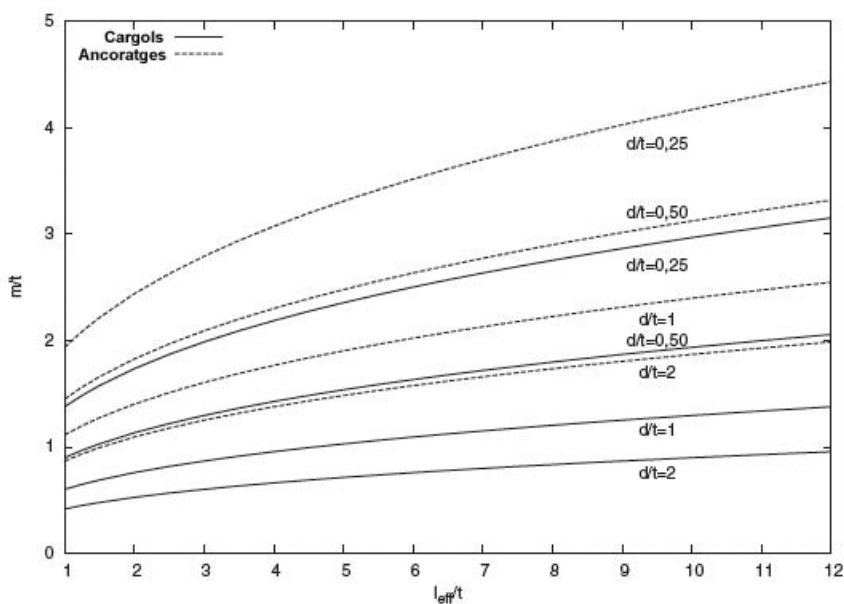
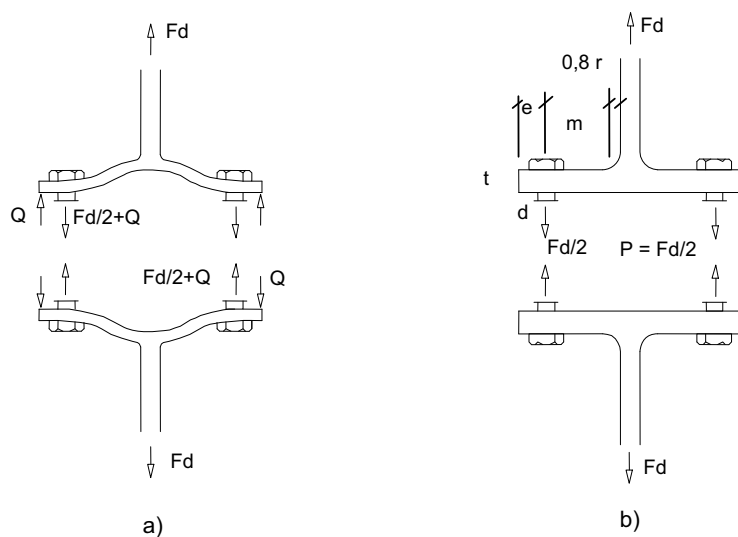
t és el gruix d'ala de la T

m és la distància del cargol a la línia de formació de la ròtula plàstica (o xarnera).

A la figura 8.1.c es representa la condició límit esmentada per a cargols en unions amb xapa frontal, de gruix d'ala i xapa frontal similars, i per a pernys d'ancoratge a fonaments. Els mètodes de comprovació establerts a 8.8.3 i següents tenen en compte implícitament l'efecte palanca.

- 6 En les unions soldades només es consideren les tensions que intervenen en la transmissió d'esforços i no les residuals, com, per exemple, les tensions normals paral·leles al cordó de soldadura.
- 7 En les unions de perfils conformats i xapes plegades és admissible l'ús d'elements no previstos en aquest DB (cargols autoroscants, soldadures per punts, fixació mitjançant connectadors d'estructures mixtes, etc.) sempre que:
  - a) tinguin el recolzament experimental suficient, garantit pel segell corresponent;
  - b) es respectin les prescripcions d'ús (distàncies al marge, densitat de punts, etc.);
  - c) assegurin una forma dúctil de fallada (per exemple, que la capacitat del cargol superi la de la xapa a esquinçament).

## Document bàsic SE-A Acer



### 8.3 Rigidesa

- 1 Es pot establir la rigidesa d'una unió mitjançant assajos o a partir d'experiència prèvia contrastada, encara que en general es calcula a partir de la flexibilitat dels seus components bàsics, determinada mitjançant assajos previs.
- 2 Una vegada obtinguda la rigidesa inicial, es compara amb els límits establerts (apartat 8.3.2) per a cadascuna de les categories definides a l'apartat 8.3.1. En qualsevol cas, totes les unions poden ser tractades com a semirigides.

### 8.3.1 Classificació de les unions per rigidesa

#### 1 Nominalment articulades.

Són les unions en què no es desenvolupen moments significatius que puguin afectar els membres de l'estructura. Han de ser capaces de transmetre les forces i de suportar les rotacions obtingudes en el càlcul.

#### 2 Rígides.

Són les unions la deformació de les quals (moviments relatius entre els extrems de les peces que uneixen) no té una influència significativa sobre la distribució d'esforços en l'estructura ni sobre la seva deformació global. Han de ser capaces de transmetre les forces i els moments obtinguts en el càlcul.

#### 3 Semirígides.

Són les unions que no corresponen a cap de les categories anteriors. Han d'establir la interacció prevista (basada, per exemple, en les característiques del moment rotació de càlcul) entre els membres de la unió i han de ser capaces de transmetre les forces i els moments obtinguts en el càlcul.

### 8.3.2 Límits establerts per a alguns tipus d'unió

#### 1 Per a unions biga-pilar:

a) Unió rígida. Si la rigidesa inicial de la unió,  $S_{j,ini}$ , compleix:

$$S_{j,ini} \geq \frac{k_b E I_b}{L_b} \quad (8.3)$$

on:

$k_b = 8$  per a pòrtics d'estructures travades enfront d'accions horitzontals (vegeu 5.3.5);

$k_b = 25$  per a altres pòrtics, sempre que en cada planta es verifiqui que  $K / K_b \geq 0,1$ ;

$K_b$  és el valor mitjà de la relació  $E I_b / L_b$  de totes les bigues a la planta en què es troba la unió;

$K_c$  és el valor mitjà de la relació  $E I_c / L_c$  de tots els pilars de la planta;

$I_b$  és el moment d'inèrcia de cada biga;

$I_c$  és el moment d'inèrcia de cada pilar en la direcció de flexió considerada;

$L_b$  és la llum (entre eixos de pilar) de cada biga;

$L_c$  és l'altura de la planta.

b) Unions articulades nominalment. Si la rigidesa inicial de la unió,  $S_{j,ini}$ , compleix:

$$S_{j,ini} \leq \frac{0,5 E I_b}{L_b} \quad (8.4)$$

c) Unions semirígides. La rigidesa inicial de la unió es troba a la zona intermèdia entre els límits establerts per a unions rígides i articulacions.

d) A manca d'anàlisis més precises s'han de considerar:

i) articulades (excèntricament), les unions per soldadura de l'ànima d'una biga metàl·lica en doble T sense unió de les ales al pilar,

ii) articulades (biga contínua sobre suport possiblement excèntric), les unions de bigues planes de formigó armat en continuïtat sobre un pilar metàl·lic,

iii) rígides, les unions soldades de bigues en doble T a suports en què es materialitzi la continuïtat de les ales a través del pilar mitjançant enrigidors de dimensions anàlogues a les de les ales.

- iv) rígides, les unions de pilars interiors realitzats amb perfils laminats I o H en pòrtics d'estructures travades, en què les bigues entroncades als dos costats del nus, realitzades també amb perfils I o H i de llums no gaire diferents entre si i esveltesa geomètrica superior a 24, s'uneixen a les ales del pilar mitjançant soldadura de resistència completa, encara que no sigui necessari disposar enrigidors al pilar.
- 2 Bases de pilars. Es poden considerar rígides en els casos següents:

- a) Per a estructures travades davant d'accions horitzontals, si es compleix alguna de les tres condicions següents:

$$\begin{aligned} \lambda_0 &\leq 0,5 \\ 0,5 < \lambda_0 \leq 3,93 & \quad i \quad S_{j,ini} \geq \frac{7(2\lambda_0 - 1)EI_c}{L_c} \\ \lambda_0 > 3,93 & \quad i \quad S_{j,ini} \geq \frac{48EI_c}{L_c} \end{aligned} \quad (8.5)$$

on:

$\lambda_0$  és l'esveltesa relativa del pilar suposat biarticulat.

- b) En qualsevol altre cas, si:

$$S_{j,ini} \geq \frac{30EI_c}{L_c} \quad (8.6)$$

## 8.4 Resistència

### 8.4.1 Principis de càlcul

- 1 La resistència última d'una unió es determina a partir de les resistències dels elements que la componen.

### 8.4.2 Classificació de les unions per resistència

- 1 Articulades nominalment.

Són les unions capaces de transmetre els esforços obtinguts en l'anàlisi global de l'estructura i amb una resistència de càlcul a flexió no superior a la quarta part del moment resistent plàstic de càlcul de la peça de menor resistència unida, sempre que existeixi una capacitat de gir suficient per permetre que en l'estructura es formin totes les ròtules plàstiques necessàries en el model d'anàlisi adoptat sota les càrregues considerades.

- 2 Totalment resistents (o de resistència completa).

La seva resistència és més gran o igual que la dels elements que connecta. Si en una unió amb resistència completa la relació entre el seu moment resistent,  $M_{j,Rd}$ , i el moment resistent plàstic,  $M_{pl,Rd}$ , de la barra menor que connecta és superior a 1,20, no és necessari considerar la capacitat de rotació de la unió.

- 3 Parcialment resistents.

La seva resistència és inferior a la dels elements units, encara que ha de ser capaç de transmetre les forces i els moments determinats en l'anàlisi global de l'estructura. La rigidesa d'aquestes unions ha de ser suficient per evitar que se superi la capacitat de rotació de les ròtules plàstiques que s'hagin de formar en l'estructura sota les càrregues considerades. Si es requereixen ròtules plàstiques en les unions parcialment resistents, han de tenir capacitat de rotació suficient per permetre la formació en l'estructura de totes les ròtules plàstiques necessàries.



## 8.5 Resistència dels mitjans d'unió. Unions collades.

### 8.5.1 Disposicions constructives

- 1 La situació dels cargols en la unió ha de contribuir a reduir la possibilitat de corrosió i vinclament local de les xapes, així com preveure les necessitats de muntatge i inspeccions futures.
- 2 Els límits màxims i mínims per a les distàncies entre eixos de forats o d'aquests als marges de les peces són (figura 8.2):
  - a) distàncies mínimes:
    - i) en la direcció de la força que es transmet:
      - $e_1 \geq 1,2 d_0$  de l'eix del forat al marge de la peça;
      - $p_1 \geq 2,2 d_0$  entre eixos de forats;
    - ii) en la direcció perpendicular a la força que es transmet:
      - $e_2 \geq 1,5 d_0$  de l'eix del forat al marge de la peça;
      - $p_2 \geq 3,0 d_0$  entre eixos de forats;

on  $d_0$  és el diàmetre del forat.
  - b) distàncies màximes:
    - i) al marge de la peça:
      - Per a  $e_1$  i  $e_2$   $\left\{ \begin{array}{l} \leq 40\text{mm} + 4t \\ \leq 12t \text{ o } 150\text{mm} \end{array} \right.$
    - ii) entre cargols:
      - en elements a compressió ha de ser  $p \leq 14 t$  i  $p \leq 200$  mm; on  $t$  és el gruix en mm de la peça més petita de les que s'uneixen;
      - en elements a tracció:
        - files exteriors  $p_e \leq 14 t$  i  $p_e \leq 200$  mm;
        - files interiors  $p_i \leq 28 t$  i  $p_i \leq 400$  mm.
- 3 En el cas de forats lacerats regeixen els límits següents:
  - a) la distància entre l'eix d'esquinçament i qualsevol marge no ha de ser inferior a  $1,5 d_0$ ;
  - b) la distància entre el centre del radi extrem al marge adjacent no ha de ser inferior a  $1,5 d_0$ .
- 4 En el cas de forats a portell en unions en tracció  $p_2$  es pot reduir fins a ben bé  $1,2 d_0$  sempre que la distància entre forats  $L$  sigui superior a  $2,4 d_0$ .
- 5 En el cas d'esforços de direcció obliqua amb relació als marges i les alineacions dels cargols s'han d'utilitzar valors prudents interpolats entre els definits per a cada direcció.
- 6 Totes les distàncies indicades en aquest apartat s'han de modificar si són insuficients per obtenir una resistència a l'aplatament, a l'esquinçament o al punxonament adequada (vegeu l'apartat 8.5.2).

## Document bàsic SE-A Acer

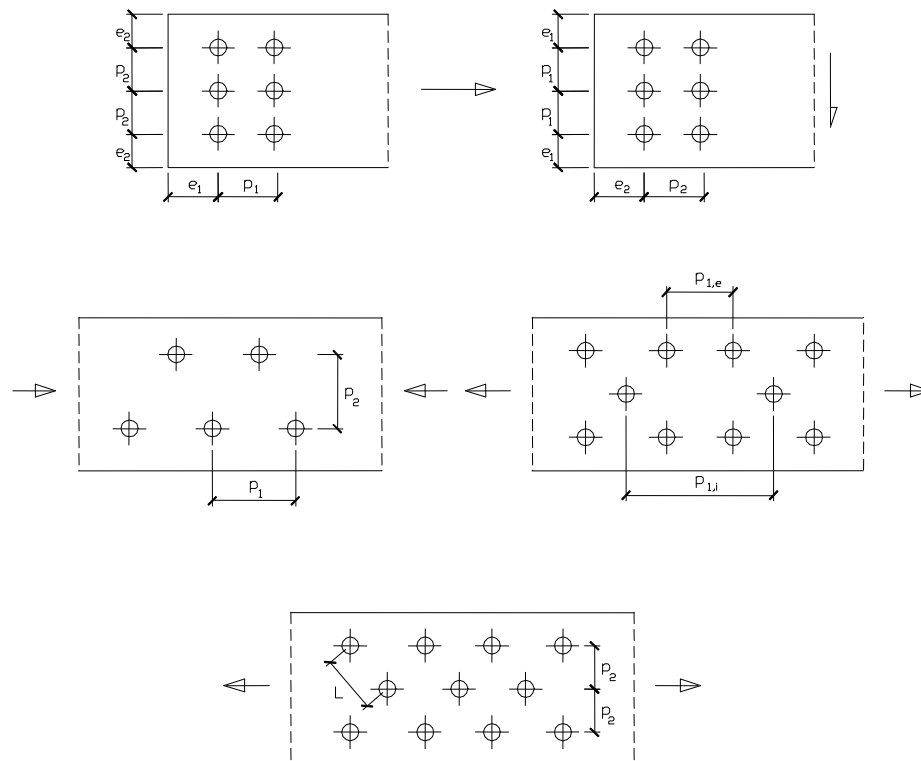


Figura 8.2 Disposicions constructives

## 8.5.2 Resistència de les unions collades sense pretesar

- 1 S'obté a partir de la distribució d'esforços entre cargols i de les resistències de cadascun d'aquests segons el seu esforç, sigui en tallant, tracció o tensió combinada.
- 2 La resistència de càlcul a tallant per cargol ha de tenir com a valor el menor de la resistència a tallant de les seccions del cargol o a aplatament de la xapa d'unió, sense que la resistència total de la unió superi la resistència a esquinçament de l'ànima:
  - a) Resistència a tallant en la secció transversal del cargol:

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,5f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} \quad (8.7)$$

on:

n és el nombre de plans de tall;

$f_{ub}$  és la resistència última de l'acer del cargol;

A és l'àrea de la canya del cargol  $A_d$  o àrea resistent del cargol  $A_s$ , segons si els plans de cisallament es troben a la canya o a la part roscada del cargol, respectivament.

- b) Resistència a aplatament de la xapa que s'uneix:

$$F_{t,Rd} = \frac{2,5 \alpha f_u d t}{\gamma_{M2}} \quad (8.8)$$

on:

d és el diàmetre de la canya del cargol;

t és el gruix menor de les xapes que s'uneixen;

## Document bàsic SE-A Acer

$f_u$  és la resistència última de l'acer de les xapes que s'uneixen;

$\alpha$  és el menor de:

$$\frac{e_1}{3d_o}; \frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \quad (8.9)$$

on:

$e_1$  és la distància de l'eix del forat al marge de la xapa en la direcció de la força que es transmet;

$p_1$  és la separació entre eixos de forats en la direcció de la força que es transmet;

$d_o$  és el diàmetre del forat;

c) Resistència a esquinçament de l'ànima:

Correspon a la resistència menor a ruptura del bloc material que remata qualsevol de les línies entre forats estesa als marges més pròxims. Es comptabilitzen les resistències en tracció o cisallament de les àrees netes de xapa que corresponguin a cada tipus d'esquinçament. En el cas d'extrems de bigues amb unió en tallant (figura 8.3) s'adopta per a la resistència esmentada el valor menor de:

$$F_{v,Rd} = \frac{f_y A}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{f_u A_{net}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}} \quad (8.10)$$

$$F_{v,Rd} = \frac{f_y A_{ef}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

on:

$A$  és l'àrea bruta de la secció a tallant:  $A = t (L_v + L_1 + L_3)$ ;

$A_{net}$  és l'àrea neta de la secció:  $A_{net} = t (L_v + L_1 + L_3 - n d_{o,1})$ ;

$A_{ef}$  és l'àrea eficaç de la secció:  $A_{ef} = t (L_v + L_1 + L_2)$ .

on

$$L_2 = (a_2 - k d_{o,2}) \frac{f_u}{f_y} \quad (8.11)$$

$t$  és el gruix de la xapa;

$L_v$  és la distància entre eixos de forats extrems en la direcció de l'esforç;

$L_1$  és la distància de l'últim forat, en el sentit de l'esforç, al marge de la xapa.  $L_1 \leq 5d$ , on  $d$  és el diàmetre nominal dels cargols de la unió;

$L_3$  és la distància de l'eix del primer forat, en el sentit de l'esforç, al marge de la xapa;

$n$  és el nombre de forats al llarg de la línia sotmesa a cisallament;

$d_{o,2}$  és la dimensió dels forats en direcció perpendicular a l'esforç tallant;

$d_{o,1}$  és la dimensió dels forats en la direcció paral·lela a l'esforç tallant;

$a_2$  és la distància del marge a la fila de forats més allunyada;

$k$  és el coeficient de valor:

$k = 0,5$  si hi ha una fila de forats;

$k = 2,5$  si hi ha dues files de forats.

## Document bàsic SE-A Acer

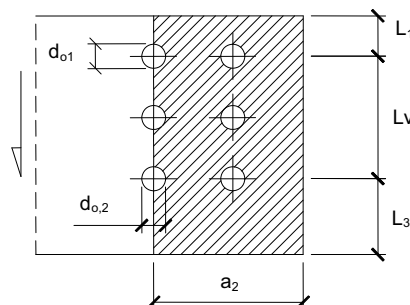


Figura 8.3 Esquinçament de l'ànima

3 Resistència a tracció. La resistència de càlcul a tracció  $F_{t,Rd}$  per cargol ha de ser la menor de:

a) La resistència a tracció del cargol:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} \quad (8.12)$$

on:

$A_s$  és l'àrea resistent a tracció del cargol.

En cargols de cap avellanat s'admet com a resistència màxima el 70% de l'expressada a (8.12).

b) La resistència de càlcul a punxonament del cap del cargol o la femella,  $F_{p,Rd}$ , donada per:

$$F_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} \quad (8.13)$$

on:

$t_p$  és el gruix de la placa que es troba sota el cargol o la femella;

$d_m$  és el valor menor de la distància mitjana entre vèrtexs i cares del cap del cargol o la femella.

4 Sol·licitació combinada. Quan un cargol estigui sol·licitat simultàniament a tracció i a esforç tallant, a més de complir separatament les condicions per a cisallament i tracció, ha de verificar la condició d'interacció següent:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} \leq 1 \quad (8.14)$$

on:

$F_{v,Ed}$  és l'esforç de càlcul perpendicular a l'eix del cargol;

$F_{t,Ed}$  és l'esforç axial de càlcul per cargol al qual, si s'escau, s'hi afegeixen les traccions degudes a l'efecte palanca;

$F_{v,Rd}$  és la resistència de càlcul davant del cisallament de la canya;

$F_{t,Rd}$  és la resistència de càlcul en tracció.

### 8.5.3 Unions amb cargols pretesats

1 Encara que el lliscament de la unió amb cargols pretesats es considera en general un estat límit de servei, en les situacions específiques en què s'hagi de garantir que no hi ha lliscament en una unió abans de ruptura, i així es prescriu per a aquesta, com per exemple en les unions híbrides, quan es pretén comptar simultàniament amb les resistències de la soldadura i dels cargols, es considera un estat límit últim de lliscament.

- 2 Resistència a tallant. La resistència de càlcul a lliscament d'un cargol pretesat és:

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s n \mu}{\gamma_{M2}} F_{p,Cd} \quad (8.15)$$

amb els mateixos criteris establerts a 7.2.3 per a les condicions de servei, però prenent com a coeficient parcial de seguretat el següent:

$$\gamma_{M2} = 1,25 \text{ en unions amb forats amb mesures nominals}$$

$$\gamma_{M2} = 1,40 \text{ en unions amb forats amb sobremesura en direcció paral·lela a la de l'esforç.}$$

- 3 Resistència a tracció. L'esforç de càlcul de tracció, al qual si s'escau s'hi afegeixen les traccions degudes a l'efecte palanca, ha de ser inferior o igual a la força de pretesat,  $F_{p,Cd}$ .
- 4 Sol·licitació combinada. En cas que actuïn simultàniament sobre el cargol esforços de tracció i tallant, la resistència de càlcul al lliscament corresponent a l'estat límit últim s'ha de prendre de l'expressió següent:

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s n \mu (F_{p,Cd} - 0,8 F_{t,Ed})}{\gamma_{M2}} \quad (8.16)$$

on:

$F_{t,Ed}$  és l'esforç axial de càlcul del cargol, al qual, si s'escau, s'hi afegeixen les traccions degudes a l'efecte palanca.

No s'ha de reduir la resistència de càlcul al lliscament de la unió quan les traccions, pel fet de procedir d'un moment en la unió, estiguin equilibrades per una força de contacte igual a la zona comprimida.

#### 8.5.4 Passadors

- Són articulacions a les quals se'ls requereix llibertat de gir i estan formades per un passador que travessa xapes foradades disposades en els elements a unir.
- En el cas en què no es requereixi llibertat de gir i la longitud del passador sigui inferior a tres vegades el seu diàmetre, es pot comprovar com si fos una unió collada d'un sol cargol.
- Les xapes de la unió s'han de disposar de forma que s'evitin excentricitats i es produeixin les mínimes distorsions en les línies de força. Les seves característiques geomètriques han de complir les limitacions establertes en una de les versions descrites a la figura 8.4, on  $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$  és la resistència de càlcul de l'acer de la xapa utilitzada.

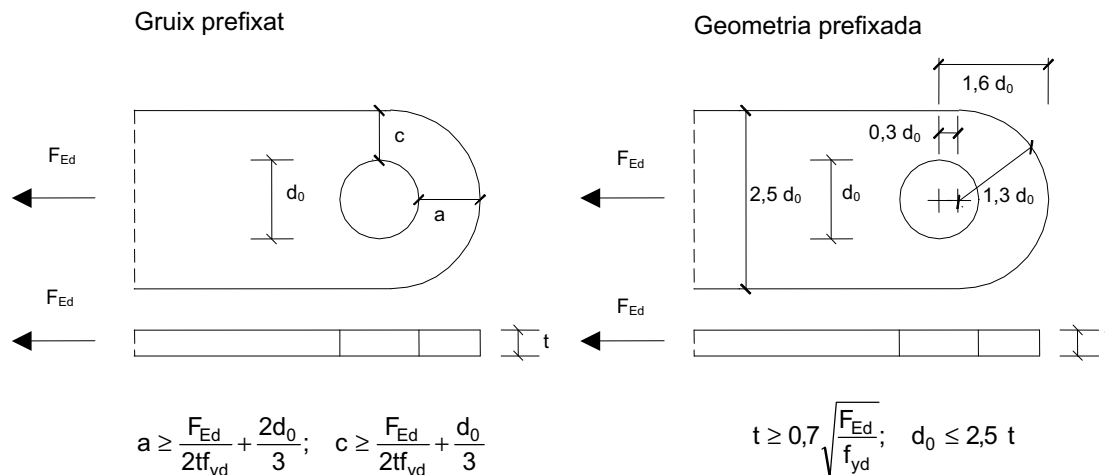


Figura 8.4 Condicions geomètriques per a les xapes de les unions amb passadors

## Document bàsic SE-A Acer

4 S'ha de verificar:

a) la resistència a tallant del passador:

$$F_{V,Ed} \leq F_{V,Rd} = 0,6 \frac{\pi \phi^2}{4} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad (8.17)$$

on:

$f_{ub}$  és la resistència última de l'acer del passador.

$\phi$  és el diàmetre del passador.

b) la resistència a flexió del passador

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = 0,8 \frac{\pi \phi^3}{32} \frac{f_{yb}}{\gamma_{M2}} \quad (8.18)$$

c) la resistència a l'esforç combinat de tallant i flexió al passador:

$$\left( \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 + \left( \frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} \right)^2 \leq 1 \quad (8.19)$$

$M_{Ed}$  i  $F_{V,Ed}$  són el moment i l'esforç tallant de càlcul de la secció considerada:

d) la resistència a aplatament de la xapa

$$F_{b,Ed} \leq F_{b,Rd} = \frac{1,5 t d f_y}{\gamma_{M2}} \quad (8.20)$$

on:

$F_{b,Ed}$  és l'esforç transmès per la xapa considerada al passador:

Els esforços al passador i a cadascuna de les xapes es calculen a partir de les distribucions de tensió indicades a la figura 8.5.

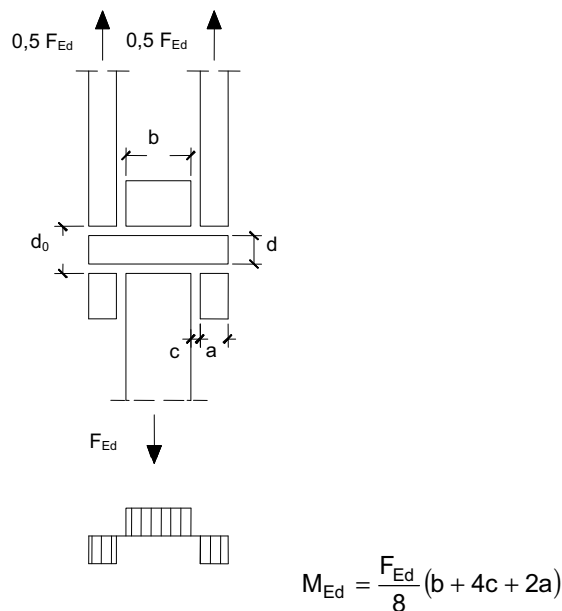


Figura 8.5 Moment flector al passador

## 8.6 Resistència dels mitjans d'unió. Unions soldades

### 8.6.1 Disposicions constructives i classificació

- 1 Les prescripcions que segueixen són aplicables quan els elements a unir tinguin almenys 4 mm de gruix i siguin d'acers estructurals soldables.
- 2 Soldadura en angle. S'utilitza per unir elements les cares de fusió dels quals formen un angle ( $\alpha$ ) comprès entre  $60^\circ$  i  $120^\circ$ . Poden ser unions en T o de cavalcament (figura 8.6). En el cas d'unions en T:
  - si  $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$  No es considera que es poden transmetre esforços;
  - si  $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$  Es considera com a soldadura a topar amb penetració parcial.

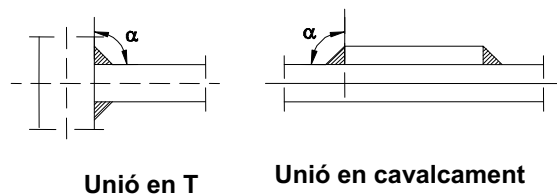


Figura 8.6 Soldadura en angle

S'ha d'observar el següent:

- a) els cordons, si és possible, s'han de prolongar envoltant les cantonades, amb el mateix gruix de coll i una longitud dues vegades el gruix esmentat. Això s'ha d'indicar en els plans;
  - b) la longitud efectiva d'un cordó de soldadura en angle ha de ser la total del cordó sempre que es mantingui el gruix de coll nominal (vegeu la figura 8.9), però no es consideren cordons la longitud dels quals sigui inferior a 40 mm o a sis vegades l'amplada de coll;
  - c) els cordons de soldadura en angle poden ser continus o discontinus (intermitents). Aquests últims s'utilitzen només per unir entre si elements de seccions senzilles que formin peces de seccions de més complexitat, no s'han d'utilitzar en ambients corrosius i sempre han de complir les limitacions establertes a la figura 8.7. En aquesta s'ha d'interpretar que:
    - i) l'execució dels cordons de longitud  $L_0$  en els extrems de la peça és un detall obligatori;
    - ii) la limitació de valor  $0,25 b$ , on  $b$  és la separació entre enrigidors, s'utilitza exclusivament en casos d'unió d'enrigidors a xapes o a altres elements sol·licitats a compressió o tallant;
  - d) no s'ha d'utilitzar un sol cordó de soldadura en angle per transmetre esforços de tracció perpendiculars al seu eix longitudinal.
- 3 Soldadura a topar. Una soldadura a topar és de penetració total si la fusió entre el material base i el d'aportació es produeix en tot el gruix de la unió; es defineix com de penetració parcial quan la penetració és inferior al gruix esmentat. En els dos casos el tipus d'unió pot ser a topar o a topar en T (figura 8.8).
  - 4 S'han d'evitar en la mesura del que sigui possible les configuracions que produeixen l'esquinçament laminar. Per a això:
    - a) s'ha d'intentar evitar unions en què la direcció principal de les tensions de tracció sigui transversal a la direcció de laminació de les xapes que s'uneixen (forces en la direcció del gruix);
    - b) quan no sigui possible evitar aquest tipus d'unions, s'han de prendre mesures per minimitzar la possibilitat que es produeixi un esquinçament laminar a les xapes (per exemple, en unions amb xapa frontal (8.8.4), els cargols redueixen el risc d'aquest tipus de ruptura).

Document bàsic SE-A Acer

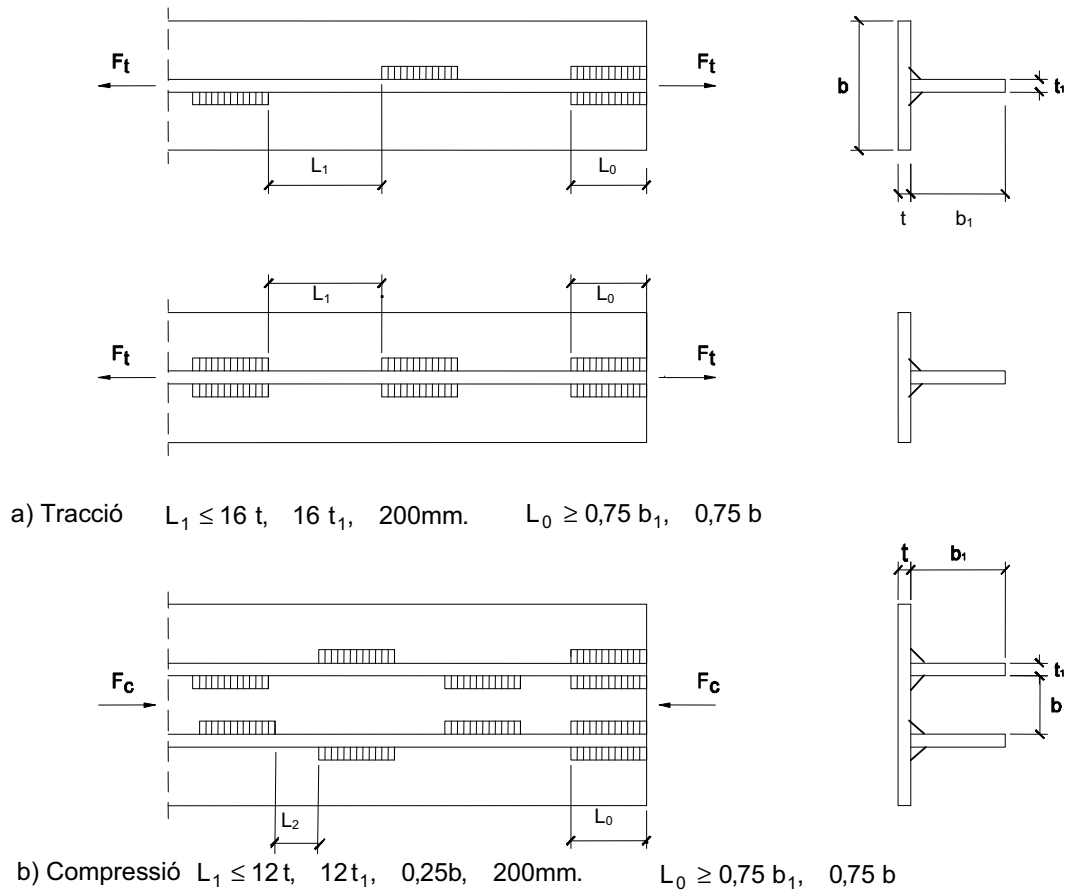


Figura 8.7 Soldadura en angle discontinua

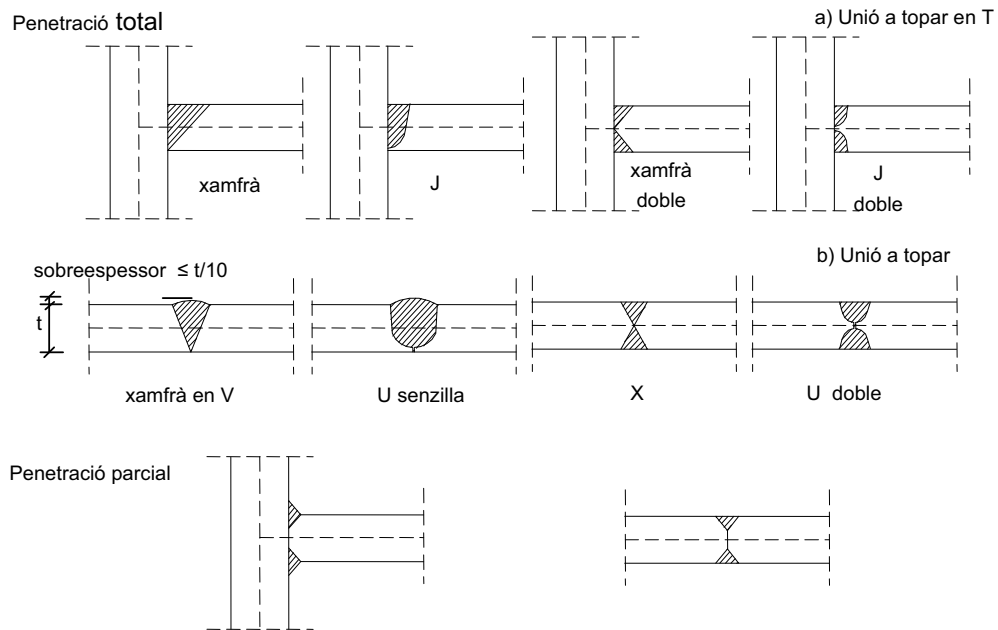


Figura 8.8 Soldadura a topar i formes de preparació



### 8.6.2 Resistència de càlcul de les soldadures en angle

- 1 La resistència d'un cordó de soldadura en angle és suficient si la resultant de totes les forces transmeses pel cordó per unitat de longitud  $F_{W,Ed}$  no supera el valor de la seva resistència de càlcul  $F_{W,Rd}$  amb independència de l'orientació del cordó.
- 2 La comprovació de resistència per unitat de longitud d'un cordó en angle es realitza segons l'expressió:

$$F_{W,Ed} \leq F_{W,Rd} = a f_{w,d} \quad (8.21)$$

on:

$f_{w,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \gamma_{M2}}$  és la tensió tangencial de càlcul resistida per la soldadura en qualsevol direcció

$f_u$  és la tensió de ruptura de la xapa de resistència menor de la unió;

$\beta_w$  és el coeficient de correlació donat a la taula 8.1, en funció del tipus d'acer.

Taula 8.1 Coeficient de correlació  $\beta_w$

Acer	$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
S 235	360	0,80
S 275	430	0,85
S 355	510	0,90

- a gruix de coll del cordó en angle, que és l'altura, mesurada perpendicularment a la cara exterior, del triangle que la tingui més gran, d'entre els que es poden inscriure entre les superfícies de les peces que hagin assolit la fusió i la superfície exterior de la soldadura (figura 8.9.a i b). S'han d'observar les limitacions següents:
- el gruix de coll d'un cordó de soldadura en angle no ha de ser inferior a 3 mm;
  - en el cas de soldadura amb penetració profunda es pot prendre el gruix de coll donat a la figura 8.9.c sempre que es demostrï per assajos que es pot aconseguir de forma estable la penetració requerida;
  - en el cas en què es realitzi la soldadura de forma automàtica amb arc submergit es pot considerar, sense necessitat d'assajos, un increment del 20% del gruix del coll, fins a un màxim de 2 mm.

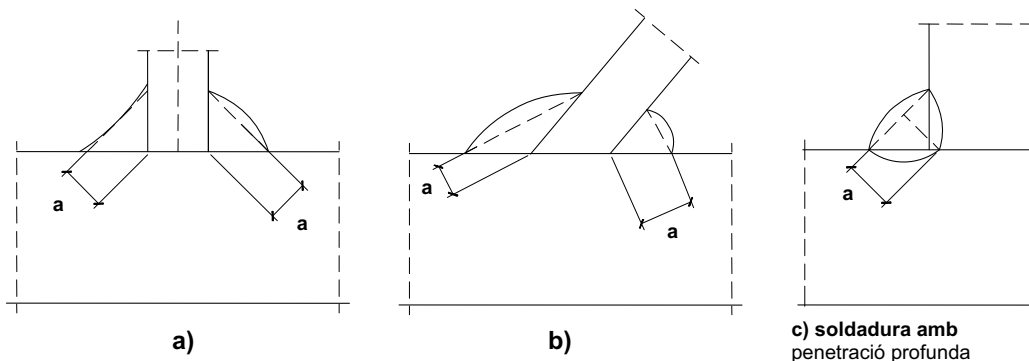


Figura 8.9 Soldadura en angle. Gruix de coll

Com a longitud del cordó es pren la nominal. En unions per cavalcament de longituds superiors a 150 a, la resistència de càlcul es redueix utilitzant el coeficient:

$$\beta_{LW} = 1,2 - 0,2 \frac{L}{150a} \leq 1,0 \quad (8.22)$$

on:

$L$  és la longitud total del cavalcament en la direcció de l'esforç.

Aquesta reducció té en compte l'efecte de la distribució no uniforme de tensions al llarg d'un cordó de certa longitud, però no és aplicable quan la distribució de tensions esmentada en el cordó es correspon amb la del material base, fet que passa, per exemple, en el cas de les soldadures en unions ala-ànima de bigues armades.

- 3 Com a alternativa al punt anterior, es poden descompondre els esforços transmesos per unitat de longitud en els seus components, suposant que sobre la secció de coll hi ha una distribució uniforme de tensions (figura 8.10). La soldadura d'angle és suficient si, amb les tensions de càlcul, es compleix:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

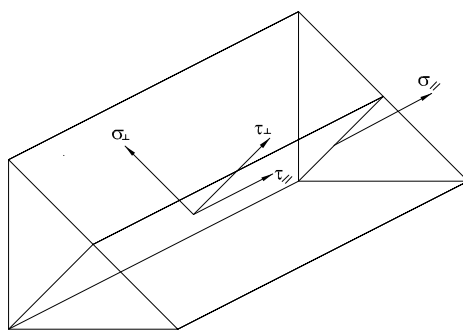


Figura 8.10 Tensions en la secció de coll

on:

$\beta_w$  és el coeficient de correlació donat a la taula 8.1;

$f_u$  és la resistència última a tracció de la peça més feble de la unió;

$\sigma_{\perp}$  és la tensió normal perpendicular al pla del coll;

$\sigma_{\parallel}$  és la tensió normal paral·lela a l'eix del cordó. No actua en el pla de comprovació ni es té en compte en les comprovacions a realitzar;

$\tau_{\perp}$  és la tensió tangencial (en el pla del coll) perpendicular a l'eix del cordó;

$\tau_{\parallel}$  és la tensió tangencial (en el pla del coll) paral·lel a l'eix del cordó.

### 8.6.3 Resistència de càlcul de les soldadures a topar

- 1 Si la soldadura és de penetració total no és necessària cap comprovació. La resistència de càlcul és igual a la de la peça unida més feble.
- 2 No s'ha d'utilitzar un sol cordó de soldadura a topar amb penetració parcial per transmetre esforços de tracció perpendiculars al seu eix longitudinal.
- 3 En unions a topar amb penetració parcial la resistència de càlcul es determina com la dels cordons de soldadura en angle, tenint en compte el següent:
  - a) el gruix de coll ha de ser la profunditat de la penetració que es pugui aconseguir de forma estable, que s'ha de determinar mitjançant evidència experimental prèvia;
  - b) per al cas que es tingui preparació de marges en U, V, J o recte, s'ha de prendre com a gruix de coll el cantell nominal de la preparació menys 2,0 mm, llevat que es puguin justificar experimentalment valors superiors.

- 4 Si la soldadura és en T, s'ha de comprovar com una soldadura a topar amb penetració total si (figura 8.11):

$$\begin{aligned} a_{\text{nom},1} + a_{\text{nom},2} &\geq t \\ c_{\text{nom}} &\leq \frac{t}{5} \\ c_{\text{nom}} &\leq 3 \text{ mm} \end{aligned} \quad (8.24)$$

Altrament, s'ha de comprovar com una soldadura en angle o en angle amb penetració si es compleixen les condicions corresponents.

- 5 En perfils en L o en U units per una sola cara, s'ha de tenir en compte l'excentricitat, o alternativament, considerar com a secció del perfil l'àrea concèntrica amb la resistència de la unió.
- 6 Unions híbrides. En unions a tallant amb diferent tipus de cargol o formades per cordons de soldadura i cargols, cadascun d'aquests grups s'ha de dimensionar per transmetre la càrrega total. Tanmateix, es poden considerar treballant conjuntament amb la soldadura els cargols d'alta resistència dissenyats per treballar sense lliscament en estat límit últim. En aquest cas, el collament final dels cargols s'ha d'efectuar una vegada realitzades les soldadures.

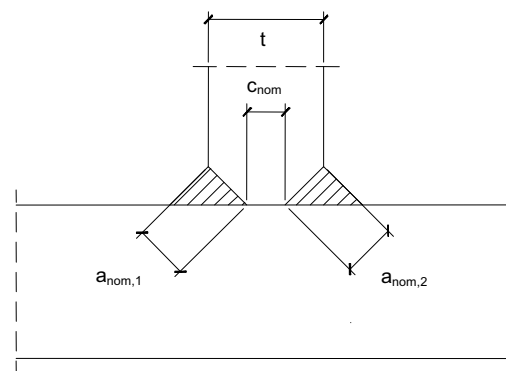


Figura 8.11 Soldadura a topar en T

## 8.7 Capacitat de rotació

- 1 Quan es realitzi una anàlisi global plàstica, les unions en què es requereixi l'existència de ròtula plàstica i siguin de resistència parcial i les unions totalment resistents que ho precisin (les que verifiquen que  $M_{Rd} < 1,2M_{Pl,Rd}$ ) han de tenir una capacitat de gir suficient.
- 2 En general, llevat dels supòsits inclosos en aquest DB, la capacitat de gir es determina mitjançant assajos.
- 3 No es pot suposar que hi ha capacitat de gir suficient per a una anàlisi global plàstica en una unió collada en què el valor de la resistència al moment flector estigui regida per la resistència dels cargols a tallant.
- 4 Es pot suposar que hi ha capacitat de gir suficient per a una anàlisi plàstica en una unió biga-pilar, tant collada com soldada, en què la resistència al moment flector estigui condicionada per la resistència de la zona sol·licitada a tallant (tallant de nus).
- 5 Unions biga-pilar soldades.
  - a) Es pot suposar que una unió biga-pilar soldada té capacitat de gir suficient per a una anàlisi plàstica en els supòsits següents:
    - i) si es tracta d'una unió de resistència completa;
    - ii) si el pilar s'ha fet rígid en continuïtat amb les ales de la biga a les zones de tracció i compressió del nus.
    - iii) si el pilar s'ha fet rígid a la zona del nus sol·licitada a tracció i no a la zona de compressió.

## Document bàsic SE-A Acer

- b) Si la unió no s'ha fet rígida i es dimensiona seguint les regles específiques enunciades en aquest DB, es pot suposar que té una capacitat de gir plàstic  $\Phi_{cd}$  de valor:

$$\Phi_{cd} = 0,015 \text{ radians} \quad (8.25)$$

- c) Si l'ànima del pilar s'ha fet rígida a la zona de compressió però no a la zona de tracció, sempre que la resistència al moment flector no estigui regida per la resistència a tallant de l'ànima del pilar, la capacitat de gir  $\Phi_{cd}$  es pot suposar:

$$\Phi_{cd} = 0,025 \frac{h_c}{h_b} \quad (8.26)$$

on:

$h_c$  i  $h_b$ , respectivament, són el cantell de la secció normal del pilar i la biga.

## 6 Unions biga-pilar collades.

Es pot suposar que una unió biga-pilar collada amb xapa frontal té capacitat de rotació suficient per a una anàlisi plàstica si se satisfan les dues condicions següents:

- a) el valor de la resistència al moment està regit per algun dels components de la unió següents:
- i) l'ala del pilar a flexió;
  - ii) la xapa frontal a flexió;
- b) el gruix  $t$  de l'ala del pilar o de la xapa frontal que regeix la resistència compleix la condició següent:

$$t \leq 0,36d \sqrt{\frac{f_{ub}}{f_y}} \quad (8.27)$$

on:

$d$  és el diàmetre nominal dels cargols;

$f_{ub}$  és la tensió de ruptura dels cargols;

$f_y$  és el límit elàstic del component bàsic rellevant de la unió.

- 7 Per a altres casos la capacitat de gir es determina usant models de càlcul apropiats, sempre que estiguin prou contrastats.

## 8.8 Algunes unions típiques

Es presenten a continuació mètodes de comprovació ajustats als criteris establerts en els apartats anteriors per a algunes unions usuals.

### 8.8.1 Bases de suports

La comprovació de la unió d'un element metàl·lic a un altre de formigó, com són les bases de suports, requereix verificar l'existència de resistència suficient davant dels esforços transmesos a la regió de contacte, considerant tant la resistència del formigó de la regió esmentada com la dels elements metàl·lics que materialitzen el contacte.

- 1 Els suports han de distribuir els esforços de compressió, transmesos per les zones comprimides del pilar, sobre una superfície suficient de formigó per mitjà d'elements de transició, com són les bases, perquè no se superi la seva resistència de càlcul. La base s'ha d'assentar directament sobre el formigó, o millor encara, sobre un morter d'anivellament sense retracció interposat entre els dos materials. En els casos en què es pugui assegurar la inexistència de traccions en l'arrencada es pot disposar una placa a l'extrem del suport que serveixi de suport directe d'aquest a la base. En aquest cas, a la regió en què les dues plaques se superposin es pot adoptar com a gruix equivalent el valor:

$$t_{eq} = \sqrt{t_1^2 + t_2^2}, \quad (8.28)$$

sempre que la diferència entre els dos gruixos no superi un terç del gruix més gran.

- 2 S'han de disposar, si és necessari, pernys d'ancoratge per resistir les traccions produïdes a les zones traccionades del pilar, si n'hi ha, degudes a forces d'arrencament o a moments.
- 3 Per assegurar la resistència d'esforços tangents, com tallants o moments torsors, i en cas que no es disposi d'elements específics per a això, com ara límits o connectadors de tallant, s'ha de justificar la capacitat resistent en la secció de contacte entre el suport i el formigó mitjançant:
  - a) la fricció entre la placa base i el formigó;
  - b) la resistència a tallant dels pernys d'ancoratge;
- 4 La comprovació de resistència de la superfície de formigó davant de les tensions de contacte i la de les regions circumdants en la seva massa per als esforços interns necessaris per equilibrar els de contacte s'ha de realitzar d'acord amb la instrucció aplicable als elements estructurals de formigó armat.
- 5 L'àrea eficaç —i les tensions corresponents— de contacte queda definida per la superfície comprimida que es defineix a continuació i les seccions d'acer corresponents als pernys d'ancoratge destinats a treballar en tracció o cisallament i a les dels elements de tallant, si n'hi ha. La regió de contacte en compressió, o àrea eficaç de suport de la base, dependent del gruix d'aquesta, ha d'estar formada per la regió de base limitada per segments de recta paral·lels a les cares dels perfils que formen la secció d'arrencada del suport, a una distància màxima  $c$  d'aquestes cares, distància que es defineix a continuació. Es considera la regió que permet establir, juntament amb les traccions en els pernys d'ancoratge, si n'hi ha, una configuració d'esforços en equilibri amb els de l'axial i moment de càlcul del suport en l'arrencada. La tracció dels pernys no ha de superar els valors de resistència deduïbles segons l'apartat 8.5, considerant els esforços tallants que hagin de resistir. Cada regió comprimida es pot interpretar en secció com una T invertida en què les xapes que formen el perfil fan rígida la placa que forma la base (figura 8.12.a).

La distància màxima  $c$  esmentada anteriorment ha de ser:

$$c \leq t \sqrt{\frac{f_{yd}}{3f_{jd}}} \quad (8.29)$$

i la resistència en compressió del formigó de cada rectangle eficaç en què es pot descompondre la regió de contacte comprimida ha de ser:

$$F_{c,Rd} = f_{jd} b_{ef} l_{ef} \quad (8.30)$$

on:

$t$  és el gruix de la base,

$f_{yd}$  és la resistència de càlcul de l'acer de la base, amb  $\gamma_M=1,1$ .

$f_{jd}$  és la resistència portant de la superfície d'assentament, de valor definit en la instrucció de formigó. Per al cas de suports sobre massissos, que assegurin un confinament al formigó, la resistència esmentada pot assolir el valor:

$$f_{jd} = \beta_j k_j f_{ck} \leq 3,3 f_{cd}, \quad (8.31)$$

$\beta_j$  és el coeficient de la unió. Es pot prendre  $\beta=2/3$  sempre que la resistència característica del morter d'anivellament no sigui inferior a 0,2 vegades la resistència característica del formigó, i que el seu gruix no sigui superior a 0,2 vegades l'amplada menor de la base.

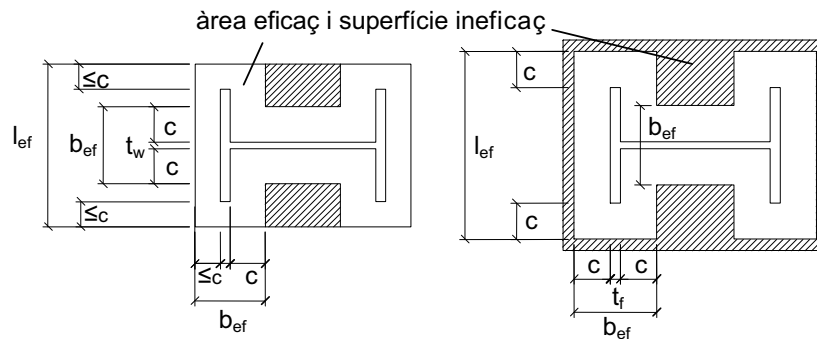
$f_{cd}$  és el valor de càlcul de la resistència a compressió del formigó sobre proveta cilíndrica, d'acord amb la instrucció aplicable al formigó armat.

$k_j$  és el factor de concentració, dependent de l'àrea portant equivalent de formigó, de valor

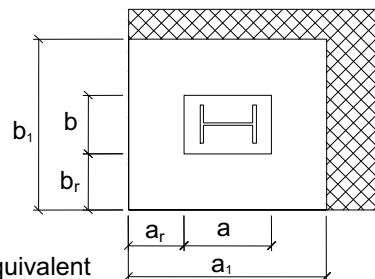
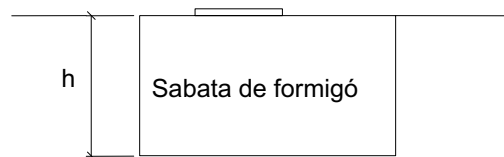
$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 b_1}{ab}} \leq 5, \quad (8.32)$$

a, b són les dimensions de la placa d'assentament

$a_1, b_1$ : són les dimensions de l'àrea portant equivalent (figura 8.12.b), els valors de la qual han de ser els més petits dels obtinguts de la taula 8.2.



a) Àrea eficaç de la base en compressió



b) Àrea portant equivalent

Figura 8.12 Bases de suports

Taula 8.2 Dimensions de l'àrea portant equivalent

$a_1$	$b_1$
$a_1 = a + 2 a_r$	$b_1 = b + 2 b_r$
$a_1 = 5 a$	$b_1 = 5 b$
$a_1 = a + h$	$b_1 = b + h$
$a_1 = 5 b_1$ però $a_1 \geq a$	$b_1 = 5 a_1$ però $b_1 \geq b$

$l_{ef}, b_{ef}$ : longitud i amplada eficaces de cada regió en comprimida de la base, que s'ha de determinar seguint el que s'indica a la figura 8.12

6 Resistència a tallant:

En cas que hi hagi elements de tallant, la resistència de càlcul ha de correspondre a la que aquests aportin. En cas que no n'hi hagi, s'ha de considerar:

## Document bàsic SE-A Acer

- a) La resistència de càlcul per fricció entre la placa base i el formigó o morter d'anivellament, que és:

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} N_{c,Sd} \quad (8.33)$$

on:

$C_{f,d}$  és el coeficient de fricció entre la placa base i el formigó, que pot prendre els valors següents:

- per a morter de ciment i sorra  $C_{f,d} = 0,20$ ;
- per a morters especials i per al cas de contacte directe amb el formigó,  $C_{f,d} = 0,30$ .

$N_{c,Sd}$  és la força de càlcul a compressió transmesa pel pilar.

- b) La resistència a tallant d'un pern d'ancoratge  $F_{vb,Rd}$  ha de ser el més petit dels valors donats per:

i) és la resistència del pern;

ii) és el valor:

$$F_{vb,Rd} = \frac{\alpha_b f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} \quad (8.34)$$

on:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\alpha_b = 0,44 - 0,0003 f_{yb}$$

$f_{yb}$  és el límit elàstic de l'acer del pern en  $N/mm^2$  (l'expressió 0,0003 en  $\alpha_b$  té dimensions de  $mm^2/N$ ).

$f_{ub}$  és la resistència última de l'acer del pern.

$A_s$  és l'àrea resistent a tracció del pern.

- c) En cas que no es disposi d'elements especials per transmetre el tallant, la resistència de càlcul a tallant ha de ser:

$$F_{v,Rd} = F_{f,Rd} + n F_{vb,Rd} \quad (8.35)$$

on:

$n$  és el nombre de perns de la placa base.

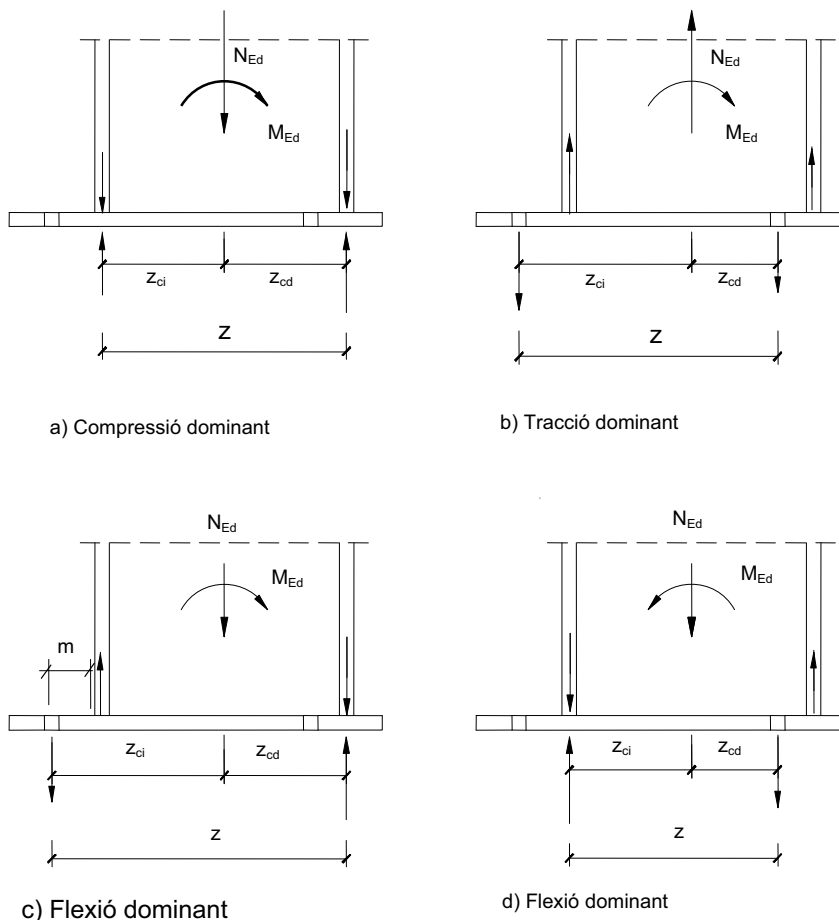
## 7 Resistència dels elements de contacte:

Els esforços atribuïts als perns —traccions i cisallaments— i a la superfície comprimida definida a 8.8.1.5, en equilibri establert per procediments elàstics o plàstics amb les sol·licitacions de la unió, han de ser resistits pels perns esmentats i per la base metàl·lica d'acord amb els criteris següents:

- a) Els perns s'han de comprovar d'acord amb l'apartat 8.5 considerant com a valor de  $F_{v,Rd}$  l'obtingut per a  $F_{vb,Rd}$  en l'expressió 8.34 de l'apartat anterior.
- b) Els perns s'han d'ancorar mitjançant una pota, placa volandera, etc., i s'ha de comprovar l'ancoratge segons el que estableix la instrucció aplicable al formigó armat.
- c) La placa metàl·lica que forma la base —la placa equivalent, si s'escau— s'ha de comprovar en ruptura per flexió, sotmesa a les pressions de valor  $f_{jd}$  —o menors, si així s'ha establert en la configuració d'equilibri— i coaccionada en el seu desplaçament per les xapes que conformen la secció d'arrencada del pilar.
- d) La capacitat resistent a moment flector  $M_{p,Rd}$  per unitat de longitud en una línia de ruptura de la base s'ha de determinar d'acord amb l'expressió

$$M_{p,Rd} = \frac{t^2 f_{yd}}{4} \quad (8.36)$$

- e) Per aproximar les posicions de les resultants de les forces normals a la superfície de contacte es poden usar els criteris de la figura 8.13.



**Figura 8.13 Resistència a forces axials i moments. Braços de palanca**

- 8 La rigidesa rotacional inicial  $S_{j,ini}$  de la unió es pot determinar d'acord amb 8.3 a partir de la dels components bàsics que es defineixen a continuació, mitjançant l'expressió

$$S_{j,ini} = \frac{1}{\sum \frac{1}{S_i}} \quad (8.37)$$

on  $S_i$  és la rigidesa de cada component bàsic següent:

- a) Formigó en compressió i placa en flexió deguda a la compressió: es consideren separadament les àrees eficaces sota qualsevol de les ales comprimides del pilar:

$$S_c = \frac{E_c z^2 \sqrt{l_{ef} b_{ef}}}{1,275} \quad (8.38)$$

- b) Base en flexió per tracció:

$$S_p = \frac{0,85 E z^2 l_{ef} t_p^3}{m^3} \quad (8.39)$$



- c) Ancoratges en tracció: considerant separatament la de cada fila d'ancoratges (les de braç de palanca diferent):

$$S_a = \frac{2E z^2 A_s}{L_a} \quad (8.40)$$

on:

- $E, E_c$  són els mòduls d'elasticitat de l'acer i inicial del formigó, respectivament,  
 $z$  és el braç de palanca de la unió (o en files d'ancoratges l'efectiu de la fila),  
 $l_{ef}, b_{ef}$  són les dimensions eficaces de la regió de formigó sota una ala comprimida,  
 $t_p$  és el gruix de la base,  
 $m$  és la distància del cargol a la línia de formació de la ròtula plàstica (o xarnera)  
 $A_s$  és l'àrea resistent a tracció de l'ancoratge,  
 $L_a$  és la longitud d'elongació de l'ancoratge, igual a 8 vegades el seu diàmetre nominal més el gruix del morter de rebliment, de la placa i la volandera, i la meitat de l'altura de la femella.

En cas que hi hagi forces de palanca (vegeu 8.2.5), s'ha d'utilitzar només el 80% de la rigidesa dels ancoratges en tracció.

- 9 La rigidesa rotacional secant de la unió per a un moment  $M_{j,Ed}$  menor que el moment resistent  $M_{j,Rd}$  de la unió és la següent:

Si  $M_{j,Ed} \leq 2/3 M_{j,Rd}$  s'ha de prendre igual a la rigidesa inicial,  $S_{j,ini}$ .

Si  $M_{j,Ed} > 2/3 M_{j,Rd}$ ,

$$S_j = \frac{S_{j,ini}}{(1,5M_{j,Ed} / M_{j,Rd})^{2,7}} \quad (8.41)$$

### 8.8.2 Empalmaments amb cargols en peces sotmeses a axial

- 1 S'admet la transmissió per contacte en elements comprimits únicament si les superfícies en qüestió s'han preparat per resultar prou planes i s'evita tota possibilitat de desplaçament en qualsevol situació de dimensionament. En aquest cas, l'empalmament ha d'assegurar la continuïtat de rigidesa i s'ha de dimensionar per resistir a tracció on hi hagi moments rellevants deguts a excentricitats, imperfeccions inicials i deformacions de segon ordre o altres causes.
- 2 Els empalmaments a tracció es poden realitzar amb tapajunts o per cavalcament (figura 8.14). En les disposicions indicades a la figura 8.14 b) i d) ha d'aparèixer un moment a causa de l'excentricitat que s'ha de tenir en compte en el dimensionament de la unió, per la qual cosa únicament s'ha d'utilitzar en el cas de barres que transmetin esforços reduïts o en unions de lligat.
- 3 S'admet que la càrrega es reparteix de forma igual entre els cargols situats en una fila en la direcció de la tracció. No obstant això, quan la distància  $L$  entre els eixos dels cargols extrems d'una unió en la direcció de la càrrega és més gran de  $15d$ , on  $d$  és el diàmetre de la canya, la resistència de càlcul  $F_{v,Rd}$  de cada cargol, obtinguda segons l'apartat 8.5, s'ha de reduir multiplicant-la pel coeficient:

$$\beta_{Lf} = 1 - \frac{L - 15d}{200d} \quad (8.42)$$

on:

$$1,0 \geq \beta_{Lf} \geq 0,75$$

## Document bàsic SE-A Acer

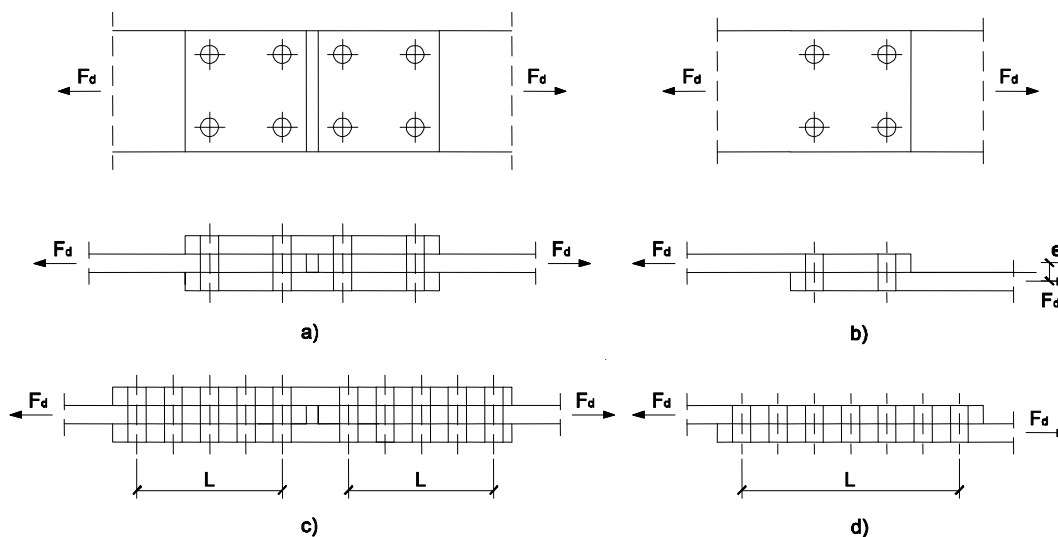


Figura 8.14 Empalmaments amb cargols

- 4 Si els cargols han de travessar folres intermedis amb gruix total:

$$t_p > \frac{d}{3} \quad (8.43)$$

on  $d$  és el diàmetre de la canya, s'ha de reduir la resistència a cisallament del cargol, utilitzant el factor:

$$\beta_p = \frac{9d}{8d + 3t_p} \leq 1 \quad (8.44)$$

En unions a cisallament doble amb folres als dos costats de l'eix de la unió s'ha de prendre com a valor de  $t_p$  el gruix més gran dels folres esmentats.

- 5 En unions a cavalament amb un sol cargol, s'han de disposar volanderes sota la femella i sota el cap, i la resistència a aplatament  $F_{b,Rd}$  s'ha de limitar al valor:

$$F_{b,Rd} \leq \frac{1,5f_u d t}{\gamma_{M2}} \quad (8.45)$$

on:

$t$  és el gruix més petit de les plaques que s'uneixen;

$f_u$  és la resistència a ruptura de l'acer de les xapes que s'uneixen.

### 8.8.3 Unions en T collades i a tracció

Es tracten en aquest apartat unions en què la peça o xapa traccionada s'acaba frontalment amb una xapa o enrigidor collat a l'altre element de la unió. Només es consideren formes en T (també denominades casquets) per a la secció paral·lela a les traccions i perpendicular al gruix de la xapa que compon la peça traccionada (fig. 8.15). En les unions rígides o semirígides d'aquest tipus entre biga —amb xapa frontal— i ala de pilar, la xapa frontal en el pilar és l'ala i la traccionada, l'ànima, fet que dóna origen a les denominacions d'ala i ànima per a les xapes respectives.

- 1 La càrrega de ruptura és la menor de les obtingudes:

- Per ruptura a tracció de l'ànima.
- Per ruptura a tracció dels cargols.

$$F_{d,max} = \sum F_{t,Rd} \quad (8.46)$$

On el sumatori es refereix a tots els cargols de la unió i  $F_{t,Rd}$  és la resistència de càlcul a tracció d'un cargol.

Això suposa una forma rígida de ruptura i implica la utilització d'enruidors adequats o una ala molt gruixuda.

- c) Per ruptura a tracció dels cargols i formació simultània de ròtules (frontisses o línies de ruptura) a la zona d'entroncament ala-ànima, fet que suposa un mecanisme menys rígida de ruptura.

$$F_{d,max} = \frac{2 b M_p + s \sum F_{t,Rd}}{m + s} \quad (8.47)$$

on:

$M_p$  és el moment plàstic per unitat de longitud a la ròtula —xarnera— formada:

$$M_p = \frac{t_f^2 f_y}{4 \gamma_{MO}} \quad (8.48)$$

( $f_y$  és el límit elàstic de l'acer de la xapa frontal o ala)

$m$  és la distància de l'eix del cargol a la ròtula o xarnera (fig. 8.15):

En extrems soldats:

$$m = \frac{w - t_w}{2} - 0,8 a \sqrt{2} \quad (8.49)$$

En extrems laminats:

$$m = \frac{w - t_w}{2} - 0,8 r \quad (8.50)$$

$b$  és la longitud de la xapa frontal. No ha de ser superior a un valor eficaç,  $b_{ef}$ , que es pot determinar mitjançant la teoria de línies de ruptura sempre que estigui prou contrastat experimentalment. Vegeu (8.64), (8.65), (8.66) i (8.67) per a unions laterals a pilars;

$s$  pren els valors següents:

$$s \leq 1,25 m \leq e \quad (8.51)$$

$s = e$ , en el cas de la xapa frontal o unió de dues ales; en aquest últim cas s'ha de prendre el valor menor de  $e$ .

La resta dels paràmetres estan definits a la figura 8.15.

- d) Per formació de dues ròtules plàstiques en cada ala de la T, una d'aquestes en l'entroncament ala-ànima (vegeu la figura 8.15) i una altra en la línia de cargols, que és el mecanisme més flexible de ruptura.

$$F_{d,max} = \frac{4 b M_p}{m} \quad (8.52)$$

S'ha de comprovar també la soldadura ala-ànima en cas que la xapa frontal estigui soldada (casquet en T soldat).

## Document bàsic SE-A Acer

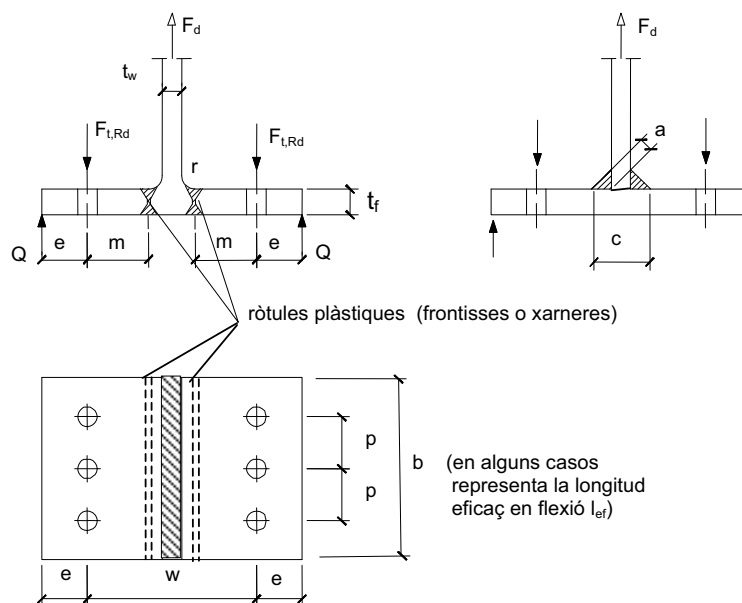


Figura 8.15 Unió en T a tracció

## 8.8.4 Empalmaments en peces flectades o en flexió composta

## 1 Amb tapajunts:

## a) Empalmament amb tapajunts d'ànima.

S'han de dissenyar per resistir un moment més gran que el moment de càlcul de la biga en la posició corresponent a la secció mitjana de l'empalmament. La distribució d'esforços entre cargols en estat límit últim es pot realitzar de forma plàstica o elàstica (de forma proporcional a la distància des del centre de gir). S'ha d'utilitzar distribució elàstica en el cas d'unions pretesades en què s'hagi d'impedir el desplaçament en estat límit últim i si la resistència de càlcul a tallant,  $F_{v,Rd}$ , del cargol és inferior a la resistència de càlcul a aplatament,  $F_{b,Rd}$ , de les xapes que uneix.

## b) Empalmament amb tapajunts en ala i ànima.

Es considera que és una unió rígida. Es pot admetre un repartiment de l'axial proporcional a l'àrea de la secció de cada tapajunts, que el tallant es resisteix pel tapajunts de l'ànima, i el moment flector es reparteix entre els tapajunts de les ales, i de l'ànima, de forma proporcional a les seves inèrcies respecte de l'eix de flexió. Els cargols de les ales s'han de comprovar per suportar les forces corresponents al moment flector atribuït a les ales, juntament amb la seva part de l'axial. Els cargols dels tapajunts de l'ànima s'han de comprovar per als esforços d'aquests seguint el que s'indica al punt a) anterior.

## Document bàsic SE-A Acer

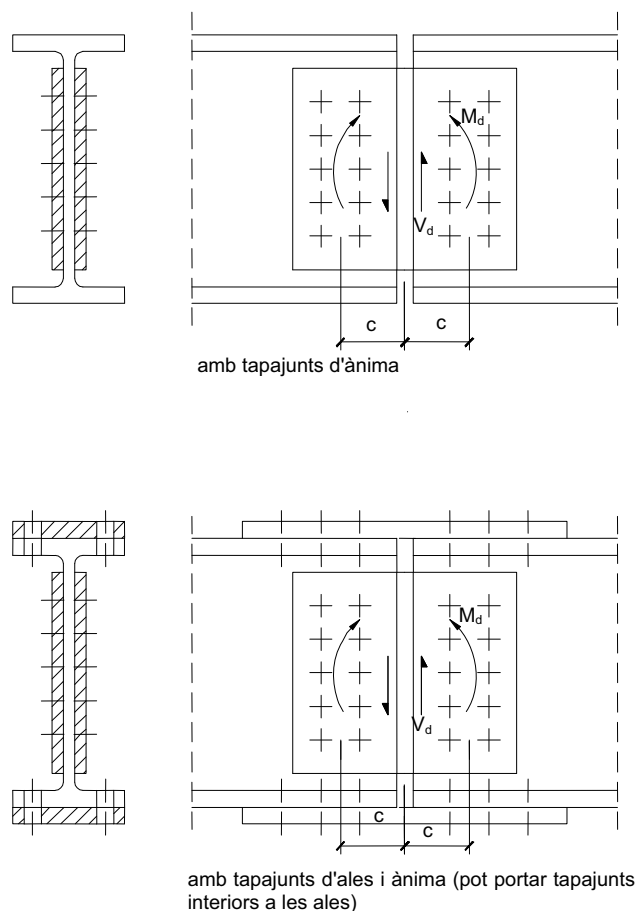


Figura 8.16 Empalmaments amb tapajunts

## 2 Amb xapa frontal.

La fallada de la unió es produeix, com en el cas de les unions en T de l'apartat anterior, i depenent de la rigidesa de la xapa, per ruptura a tracció dels cargols amb formació simultània de xarneres a la xapa o sense, o bé per formació de dues xarneres a la xapa. La resistència de la unió a tallant es pot calcular com si no existís el moment flector. Es pot realitzar el càlcul seguint el que s'indica més endavant per a les unions entre biga i pilar amb xapa frontal collada. En el cas d'elements units amb cargols iguals sense pretesar, que siguin prou rígids o disposin de prou enrigidors per poder-los considerar indeformables, el càlcul es pot efectuar de la forma següent:

La posició de la línia neutra s'obté elàsticament (figura 8.17.a); resulta l'equació:

$$\frac{c}{c_1} = \sqrt{\frac{b}{d}} \quad (8.53)$$

on:

$c$ ,  $c_1$  i  $b$  són les dimensions de la secció equivalent, representades a la figura 8.17;

$d$  és l'amplada de l'àrea equivalent de secció dels cargols, donada per:

$$d = \frac{A \cdot n}{\sum p} \quad (8.54)$$

on:

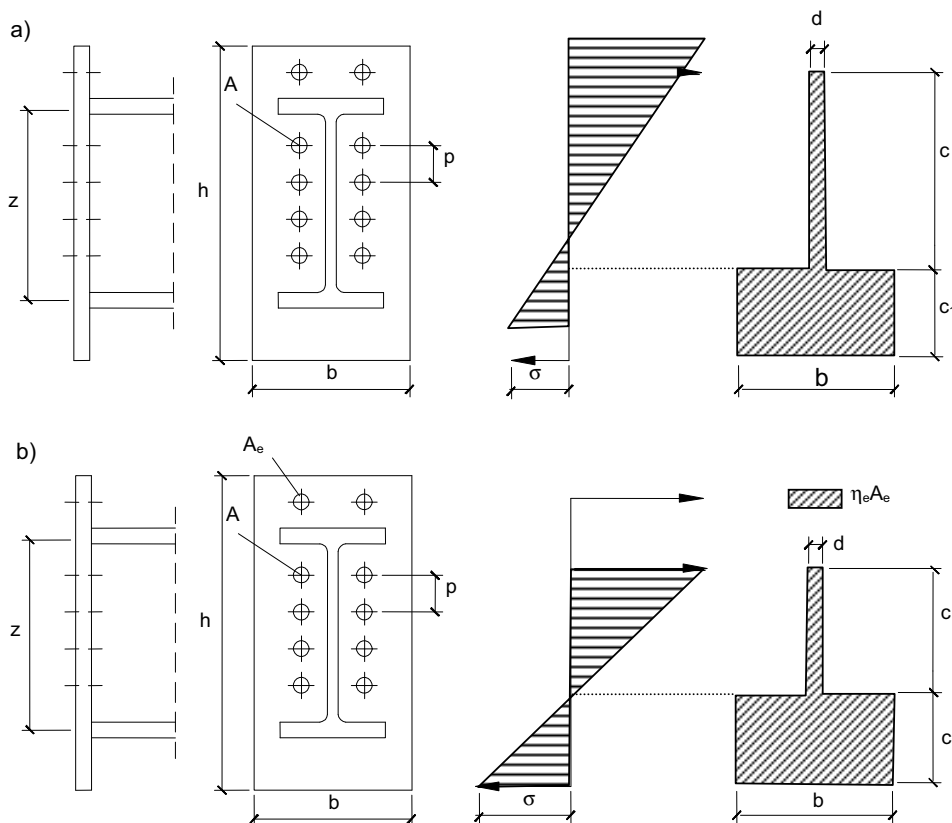
$A$  és l'àrea d'un cargol;

$n$  és el nombre de cargols.

$\sum p$  és la suma de les separacions verticals entre cargols;

El moment de càlcul que pot transmetre la unió és el que es produeixi quan el cargol més allunyat assoleix la seva resistència de càlcul a tracció,  $F_{t,Rd}$ , i el seu valor és:

$$M_u = \frac{F_{t,Rd}}{A c} \left[ \frac{d c^3}{3} + \frac{b c_1^3}{3} \right] \quad (8.55)$$



**Figura 8.17 Empalmaments amb xapa frontal; secció equivalent**

Si en lloc de comportar-se de forma rígida tota la unió únicament ho fa la part interior i la zona exterior té un mecanisme de ruptura flexible, el moment de càlcul es pot determinar afegint al moment obtingut en la forma indicada anteriorment per a la part interior el moment obtingut per als cargols exteriors amb un mecanisme flexible.

En aquest cas la línia neutra que correspon a una distribució elàstica a l'interior (figura 8.17.b) es pot determinar iterativament mitjançant l'expressió

$$\frac{c}{c_1} = \sqrt{\frac{b}{d} + \left( \frac{\eta_e A_e}{c_1 d} \right)^2} - \left( \frac{\eta_e A_e}{c_1 d} \right) \quad (8.56)$$

en què  $\eta_e A_e$  representa l'àrea equivalent de la fila exterior de cargols segons el mode de ruptura de resistència menor (vegeu modes de ruptura a 8.8.3,1.b, c, d):

$$\eta_e = n_e \frac{F_{d,max}}{\sum F_{t,Rd}} \quad (8.57)$$

amb els significats de 8.8.3,1 i on  $n_e$  és el nombre de cargols de la fila exterior.

### 8.8.5 Unions de biga a biga o suport amb doble casquet d'angular collat

- 1 Si el pilar o la biga suport no impedeix el gir de la unió s'ha de considerar la reacció situada entre la cara del casquet i el suport (sigui biga o pilar).
- 2 La comprovació de la unió entre biga i casquet s'ha de fer amb la menor càrrega d'esgotament possible considerant les corresponents als cargols a cisallament i les d'aplatament de l'ànima de la biga i dels casquets.
- 3 No és necessària la comprovació de la unió dels casquets al suport si s'utilitzen els mateixos cargols que en la unió entre el casquet i la biga.
- 4 Si el suport no gira, bé sigui per la rigidesa del pilar o perquè l'element de suport té bigues pels dos costats (figura 8.18.d), la biga suportada gira per causa de la deformació plàstica dels casquets. En aquest cas, la biga manté un moment que es pot calcular considerant l'angular com una T amb un mecanisme flexible d'esgotament.
- 5 La distribució de forces interiors entre cargols, en estat límit últim, es pot considerar proporcional a la distància des del centre de gir.

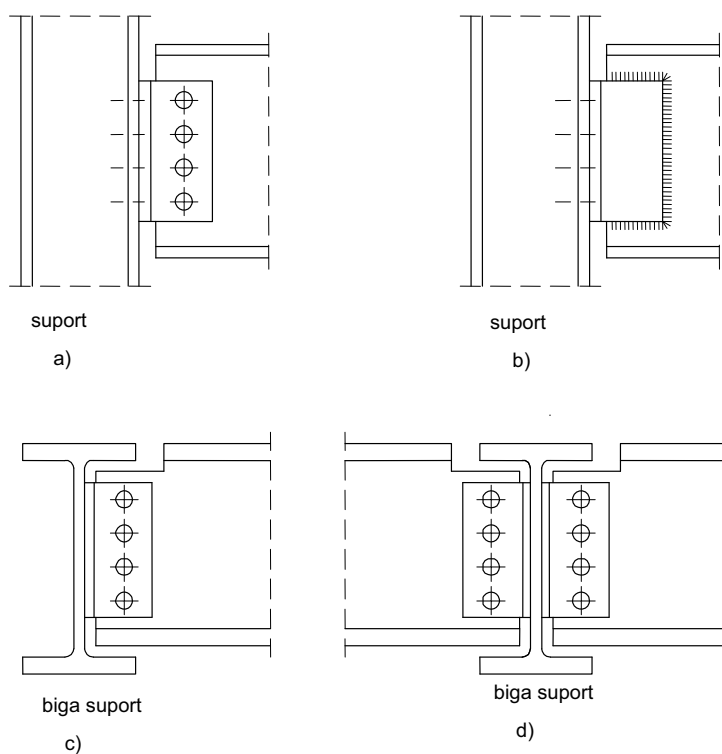


Figura 8.18 Unions amb casquet doble

### 8.8.6 Unions de biga i pilar collades amb xapa frontal

- 1 La comprovació de la resistència a flexió d'una unió biga-pilar de les representades a la figura 8.19.a) (comprovació que també és aplicable a cadascuna de les dues parts que formen unions anàlogues amb bigues als dos costats del pilar) exigeix:

Document bàsic SE-A Acer

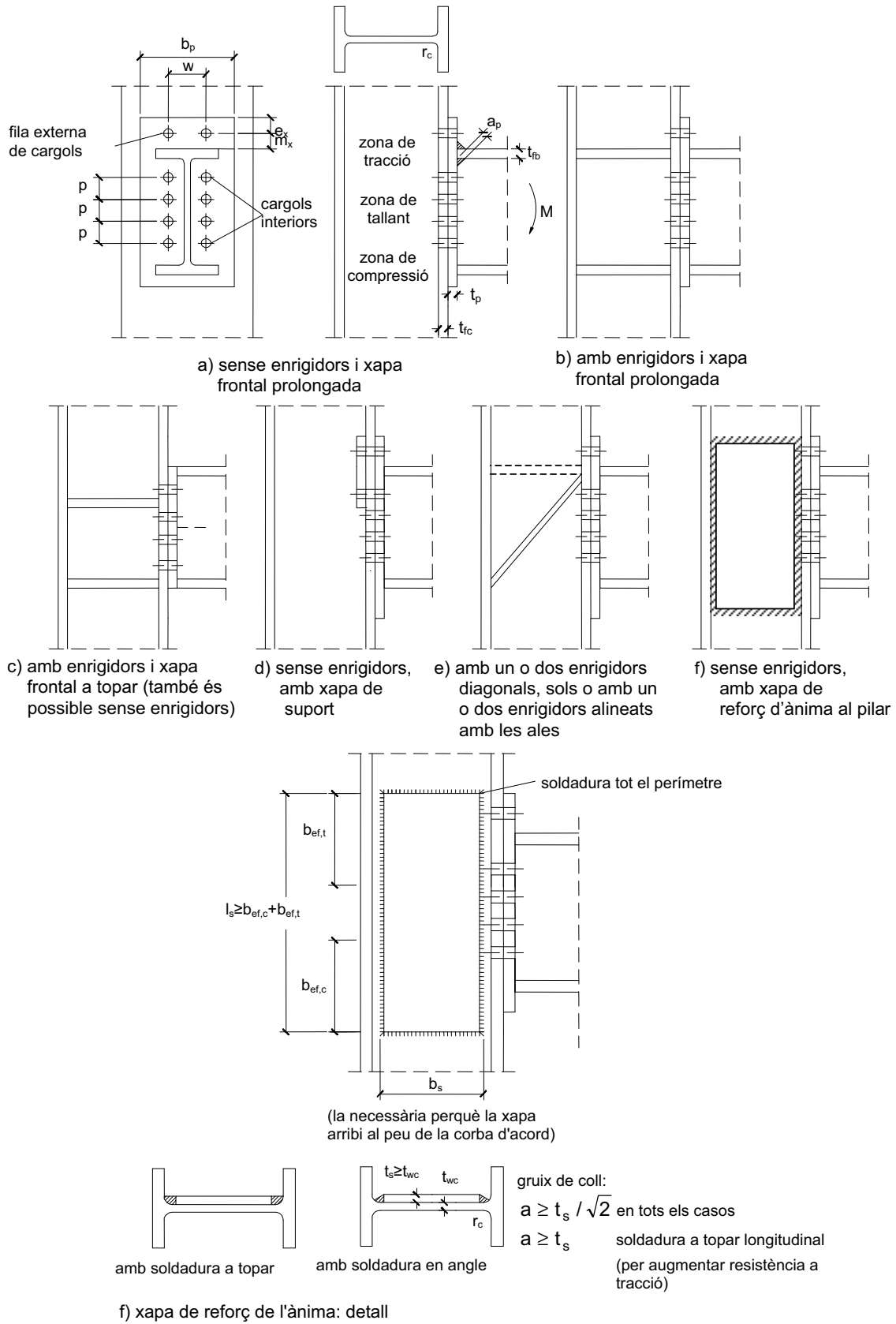


Figura 8.19. Unions biga-pilar amb xapa frontal collada



$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$V_{wp,Ed} \leq V_{wp,Rd}$$
(8.58)

on:

$M_{Rd}$  és el moment resistent de càlcul de la unió biga pilar;

$M_{Ed}$  és el moment de càlcul aplicat.

$V_{wp,Rd}$  és la resistència a tallant de nus de l'ànima del pilar

$V_{wp,Ed}$  és el tallant de nus aplicat a l'ànima del pilar

- 2 La capacitat resistent a moment depèn de la resistència dels components de la unió, que s'agrupen en tres zones crítiques: de tracció, de compressió i de tallant. El moment resistent de càlcul és la suma dels valors de càlcul de les resistències eficaces de cada fila de cargols traccionats per la seva distància al centre de la zona de compressió.
- 3 En cas que la resistència eficaç de la zona de compressió sigui inferior a la suma de les resistències eficaces de les files de cargols traccionats, en la determinació de la capacitat resistent s'ha de considerar reduïda la resistència eficaç dels cargols en la proporció precisa per no superar-la.
- 4 L'esforç tallant de nus en l'ànima del pilar s'obté considerant aïlladament la regió de l'ànima esmentada i equilibrant a través d'aquesta tant tallants com diferències en esforços normals de les peces que entronquen al nus, en els seus valors corresponents al requadre que tanca al nus, definit pels eixos de les ànimes d'aquestes peces. En cas que el cantell i la solució de nus sigui igual a les dues bigues (fig. 8.20) l'expressió resultant és:

$$V_{wp,Ed} = \frac{M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}}{z} - \frac{V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}}{2}$$
(8.59)

amb els significats i signes positius definits a la figura esmentada.

$z$  és el braç de palanca global corresponent a la unió.

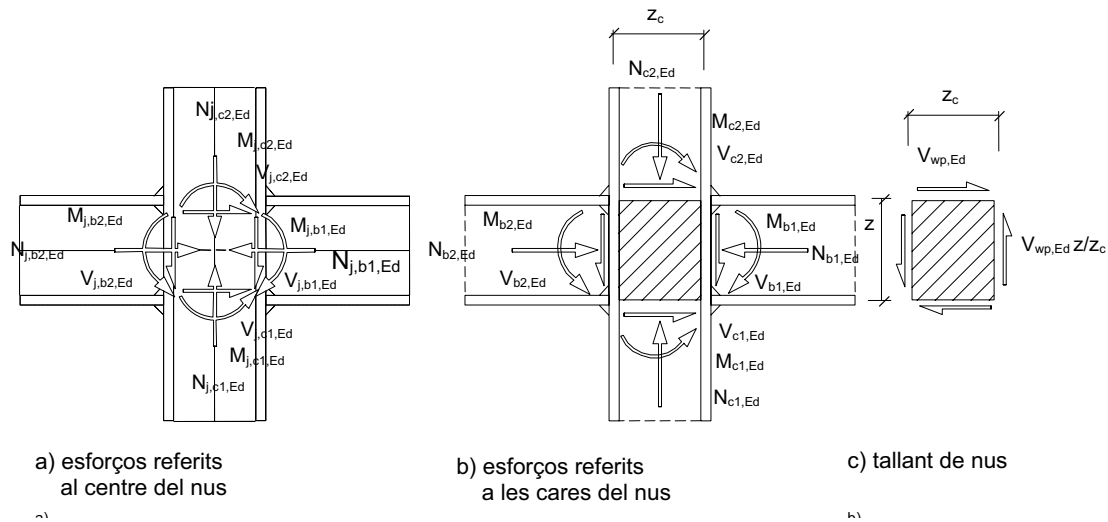


Figura 8.20 Unió (soldada o collada) i tallant de nus

- 5 La capacitat resistent davant d'esforç tallant de l'ànima, no feta rígida, del pilar,  $V_{wp,Rd}$  és:

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 f_y A_{vc}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$
(8.60)

## Document bàsic SE-A Acer

on:

$A_{vc}$  és l'àrea de tallant del pilar. Si s'afegeix una xapa adossada a l'ànima es pot augmentar fins a  $b_s t_{wc}$ , si bé no es disposen de més augments a partir d'aquest gruix, ni en col·locar una altra xapa a l'altra banda de l'ànima.

A més s'ha de comprovar la resistència a l'abonyegament d'acord amb 6.3.3.3.

- 6 Quan el tallant de nus és important —unions amb biga només d'un costat, o unions amb diferència apreciable en els moments de les dues bigues—, es considera la interacció del tallant d'ànima amb la resta dels esforços de tracció o compressió de nus de l'ànima del pilar, a través d'un factor  $\omega$  de reducció en la resistència considerada, obtingut per a cada costat de la unió amb:

$$\begin{aligned} 0,5 < \beta < 1 & ; \quad \omega = \omega_1 + 2(1 - \beta)(1 - \omega_1) \\ \beta = 1 & ; \quad \omega = \omega_1 \\ 1 < \beta < 2 & ; \quad \omega_1 + (\beta - 1)(\omega_2 - \omega_1) \\ \beta = 2 & ; \quad \omega = \omega_2 \end{aligned} \quad (8.61)$$

amb

$$\beta_1 = \left| \frac{M_{j,b1,Ed} - M_{j,b2,Ed}}{M_{j,b1,Ed}} \right| \leq 2, \quad \beta_2 = \left| \frac{M_{j,b2,Ed} - M_{j,b1,Ed}}{M_{j,b2,Ed}} \right| \leq 2 \quad (8.62)$$

i on:

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \left( \frac{b_{ef,wc} t_{wc}}{A_{vc}} \right)^2}}; \quad \omega_2 = \frac{1}{\sqrt{1 + 5,2 \left( \frac{b_{ef,wc} t_{wc}}{A_{vc}} \right)^2}} \quad (8.63)$$

on:

$b_{ef,wc}$  és l'amplada eficaç per a la tracció o compressió de nus, segons correspongui, de l'ànima del pilar, definit més endavant per a cada cas,

$t_{wc}$  és el gruix de l'ànima del pilar.

- 7 Resistència de la zona sol·licitada a tracció.

- els components de la zona de tracció són l'ala de la biga (traccionada), l'ala del pilar (fet rígid o no, amb xapa dorsal o sense) i la xapa frontal (flectats) i l'ànima del pilar (traccionat) (amb enrigidors o xapa de reforç o sense);
- només es considera en aquest apartat el cas en què hi hagi dos cargols per fila horitzontal interior, la xapa frontal prolongada no s'hagi fet rígida i contingui una fila de cargols;
- la resistència dels components flectats de la zona de tracció, de resistència unitària definida a (8.48), s'obtenen considerant que es comporten com a casquets en T (apartat 8.8.3, figura 8.15) amb una longitud igual a la suma de les longituds eficaces,  $l_{ef}$ , per a cada fila de cargols, definides com el valor més petit dels que s'indiquen a continuació:

$$\begin{aligned} l_{ef} &\leq 2\pi m \\ l_{ef} &\leq 4m + 1,25e \end{aligned} \quad (8.64)$$

Així mateix, s'ha de verificar que:

- Per a cargols interiors:

$$l_{ef} \leq p \quad (8.65)$$

- Per a cargols externs, la condició és:

$$l_{ef} \leq 0,5p + 2m + 0,625e \quad (8.66)$$

## Document bàsic SE-A Acer

- d) En el cas de xapa frontal prolongada sense enrigidor a la zona exterior, es considera l'ala de la biga com a ànima de la T per al càlcul de les longituds eficaces; a més, s'ha de comprovar amb:

$$l_{ef} = 0,5b_p \quad (8.67)$$

on:

$b_p$  és l'amplada de la xapa frontal (figura 8.19).

El comportament, als efectes de càlcul, de la xapa frontal s'assimila al d'un conjunt de casquets en T equivalents amb les longituds eficaces i els criteris exposats en aquest apartat.

- e) En el cas de cargols de l'ala del pilar adjacents a un enrigidor o cargols de la xapa frontal que es troben per sota de l'ala a tracció de la biga, es poden augmentar les longituds eficaces en funció de la geometria, sempre que s'utilitzin valors sancionats experimentalment.
- 8 Si la tensió normal,  $\sigma_n$ , en l'ala del pilar, deguda al seu esforç axial i al moment flector, supera els 180 N/mm<sup>2</sup> en l'emplaçament de la zona sol·licitada a tracció, el valor del moment plàstic,  $M_p$ , s'ha de reduir utilitzant el factor:

$$k_r = \frac{2f_y - 180 - \sigma_n}{2f_y - 360} \leq 1 \quad (f_y \text{ i } \sigma_n \text{ en N/mm}^2) \quad (8.68)$$

- 9 La resistència de càlcul de la zona de tracció s'ha de determinar a partir de les resistències de les files de cargols que es trobin traccionats i ha d'estar en equilibri amb la resistència de càlcul de la zona de compressió.
- 10 Se suposa que la resistència de càlcul eficaç de cada fila de cargols actua en l'eix de la fila. El seu valor s'ha d'obtenir establint l'equilibri entre les resistències obtingudes per a l'ala del pilar i la xapa frontal, fet que es pot aconseguir realitzant una redistribució entre files amb comportament anàleg (sense passar una ala o enrigidor) i, si és necessari, realitzant una reducció dels valors esmentats.
- 11 La resistència de l'ànima del pilar no fet rígid a tracció transversal és:

$$F_{t,Rd} = \frac{f_y t_{wc} b_{ef}}{\gamma_{M0}} \quad (8.69)$$

on:

$b_{ef}$  és l'amplada efectiva de l'ànima que s'ha de prendre igual a la longitud eficaç total  $l_{ef}$  de l'ala del pilar en flexió corresponent a la disposició dels cargols a la zona de la unió sol·licitada a tracció;

$t_{wc}$  és el gruix de l'ànima del pilar (figura 8.19).

L'ànima es pot reforçar mitjançant una xapa de reforç o enrigidors (figura 8.19). En aquest últim cas, la resistència de càlcul de l'ànima ha de ser, com a mínim, igual a la de l'ala de la biga, sempre que els enrigidors compleixin les condicions següents:

- el gruix dels enrigidors no ha de ser inferior al de les ales de la biga, i seva longitud  $l_s$  ha de cobrir totalment la longitud de l'ànima del pilar corresponent a les longituds eficaces de les zones traccionada i comprimida de la unió;
  - la classe d'acer dels enrigidors no ha de ser inferior a la de la biga;
  - les soldadures d'unió amb les ales han de resistir els esforços transversals que aquestes transmeten;
  - la soldadura d'unió amb l'ànima ha de resistir els esforços que es transmetin des de l'ala de la biga fins a l'ànima del pilar.
- 12 Resistència de la zona sol·licitada a compressió. La resistència de càlcul a aplatament de l'ànima no enrigidida del pilar és donada per:

$$F_{c,Rd} = \frac{f_y t_{wc,ef} \left( 1,25 - 0,5 \gamma_{M0} \frac{\sigma_n}{f_y} \right) b_{ef}}{\gamma_M} \quad (8.70)$$

$$\text{amb: } F_{c,Rd} \leq \frac{f_y t_{wc} b_{ef}}{\gamma_{M0}}$$

on:

$\sigma_n$  és la tensió màxima de compressió en l'ànima del pilar deguda al seu esforç axial i moment flector;

$b_{ef}$  és l'amplada efectiva de l'ànima del pilar a compressió:

Perfil laminat:  $b_{ef} = t_{fb} + 2\sqrt{2} a_p + 2t_p + 5(t_{fc} + r_c)$  Les variables estan indicades a la figura 8.19. En aquest cas,  $t_{fb}$  es refereix a l'ala de la biga que transmet la compressió, i  $a_p$  és el gruix de coll de la soldadura de l'ala esmentada amb la xapa frontal.

Perfil armat: és igual a l'anterior fent  $r_c = \sqrt{2} a_c$ , on  $a_c$  és el gruix eficaç de coll de la soldadura entre l'ala i ànima del perfil.

$t_{wc,ef}$  és el gruix de l'ànima del pilar. També en aquest cas és possible reforçar l'ànima en les mateixes condicions i amb els mateixos resultats exposats a 8.19. La valoració del reforç de l'ànima del pilar mitjançant xapa de gruix  $t_s$ , en les condicions indicades a la figura 8.19, però sense que aquest gruix sigui inferior al de les ales de la biga, és la següent:

- Gruix eficaç màxim de l'ànima reforçada  $t_{wc,ef}$  quan està sotmesa a tracció:

Sense xapa de reforç:  $t_{wc,ef} = t_{wc}$

Amb una xapa de reforç:  $t_{wc,ef} = 1,5 t_{wc}$

Amb una xapa de reforç a cada costat:  $t_{wc,ef} = 2,0 t_{wc}$

Sempre que les soldadures longitudinals siguin a topar i compleixin el gruix de coll indicat a la figura 8.19. Si les soldadures longitudinals són en angle, amb el gruix de coll indicat a la figura esmentada, el valor eficaç del coll es limita a  $1,4 t_{wc}$  per als dos casos exposats, amb una o dues xapes (una a cada costat de l'ànima).

- Gruix eficaç màxim de l'ànima reforçada  $t_{wc,ef}$  quan està sotmesa a aplatament:

Sense xapa de reforç:  $t_{wc,ef} = t_{wc}$

Amb una xapa de reforç:  $t_{wc,ef} = 1,5 t_{wc}$

Amb una xapa de reforç a cada costat:  $t_{wc,ef} = 2,0 t_{wc}$

En aquest cas és suficient amb soldadures longitudinals en angle que compleixin el gruix de coll indicat a la figura 8.21.

A més s'ha de comprovar la resistència a vinclament per a un mode de vinclament intranslacional (amb ales fixes); s'ha d'evitar, mitjançant les disposicions constructives adequades, el mode de vinclament amb desplaçament lateral de les ales.

- 13 Si l'ànima del pilar es fa rígida, la seva resistència ha de ser, com a mínim, igual a la de l'ala de la biga, sempre que els engrigadors compleixin les condicions establertes a 8.19.
- 14 La rigidesa rotacional inicial  $S_{j,ini}$  de la unió no feta rígida es pot determinar d'acord amb 8.3 a partir de la dels components bàsics que es defineixen a continuació, mitjançant l'expressió ja coneguda (8.37)

$$S_{j,ini} = \frac{1}{\sum \frac{1}{S_i}}$$

on  $S_i$  és la rigidesa de cada component bàsic següent:

- a) Rigidesa de l'ànima del pilar enfront de tallant (de nus):

## Document bàsic SE-A Acer

$$S_{wv} = 0,38 \frac{E z A_{vc}}{\beta} \quad (8.71)$$

b) Rigidesa de l'ànima del pilar enfront de la tracció de nus:

$$S_{wt} = 0,7 \frac{E z^2 b_{ef,t,wc} t_{wc}}{d_c} \quad (8.72)$$

c) Rigidesa de l'ànima del pilar enfront de la compressió de nus:

$$S_{wc} = 0,7 \frac{E z^2 b_{ef,c,wc} t_{wc}}{d_c} \quad (8.73)$$

d) Rigidesa de l'ala del pilar en flexió:

$$S_f = 0,9 \frac{E z^2 I_{ef,fc} t_{fc}^3}{m_c^3} \quad (8.74)$$

e) Rigidesa de la xapa frontal en flexió:

$$S_f = 0,9 \frac{E z^2 I_{ef,p} t_p^3}{m_p^3} \quad (8.75)$$

f) Rigidesa dels cargols en allargament:

$$S_b = 1,6 \frac{E z^2 A_s}{L_b} \quad (8.76)$$

on:

$z$  és el braç de palanca de la unió

$A_{vc}$  és l'àrea de tallant del pilar

$\beta$  és la diferència relativa de moments de biga, segons expressió (8.62).

$b_{ef,t,wc}$ ,  $b_{ef,c,wc}$  són les amplades eficaces de l'ànima del pilar en tracció i compressió, respectivament

$d_c$  és el cantell  $h$  del pilar menys dues vegades la suma de gruix d'ala  $t_{fc}$  i radi d'acord ala-ànima  $r_c$ , (distància entre punts d'acord)

$t_{wc}$ ,  $t_{fc}$  són els gruixos d'ànima i ales del pilar

$t_p$  és el gruix de la xapa frontal,

$I_{ef,fc}$ ,  $I_{ef,p}$  són les longituds eficaces en flexió de l'ala del pilar i de la xapa, respectivament, enfront de la tracció dels cargols

$m_c$ ,  $m_p$  és la distància del cargol (o la fila) a la línia de formació de la ròtula plàstica (o xarnera) i l'ànima del casquet en T del model (l'ànima del pilar per a la flexió de l'ala d'aquest, l'ala de la biga per a la flexió de la part estesa de la xapa frontal, l'ànima de la biga per a la flexió de la part interior de la xapa frontal)

$A_s$  és l'àrea resistent a tracció del cargol

$L_b$  és la longitud d'elongació del cargol igual a la distància entre el centre del cap i el de la femella.

15 En cas que hi hagi enrigidor per a algun dels components bàsics a), b), o c) anteriors es pot suposar infinita la rigidesa corresponent  $S_{wv}$ ,  $S_{wt}$  o  $S_{wc}$ .

16 La rigidesa rotacional secant de la unió per a un moment  $M_{j,Ed}$  inferior al moment resistent  $M_{j,Rd}$  de la unió és la següent:

a) Si  $M_{j,Ed} \leq 2/3 M_{j,Rd}$  es pren igual a la rigidesa inicial,  $S_{j,ini}$ .

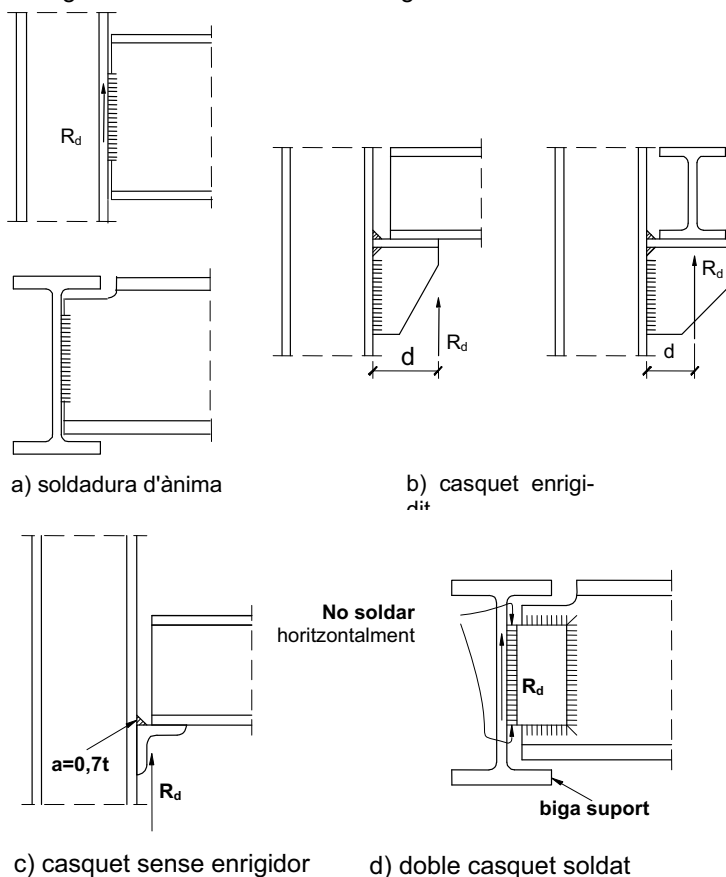
Si  $M_{j,Ed} > 2/3 M_{j,Rd}$ ,

$$S_j = \frac{S_{j,ini}}{(1,5 M_{j,Ed} / M_{j,Rd})^{2,7}} \quad (8.77)$$

### 8.8.7 Articulacions amb soldadura

1 Es consideren els tipus següents, en què s'indica la posició de l'articulació, sovint excèntrica respecte de la peça de suport:

- a) Soldadura d'ànima (figura 8.21.a). S'ha de preveure que l'element (suport, carrera, etc.) al qual s'uneix la biga permeti en el seu extrem el gir suficient. S'ha de comprovar la resistència a tallant de la regió soldada de l'ànima de la biga.



**Figura 8.21 Articulacions soldades**

- b) Suport de biga sobre casquet d'angular. S'ha de comprovar la resistència de l'ànima de la biga enfront de la reacció  $i$ , per tant, la necessitat d'incloure enrigidors. Es considera que la reacció,  $R_d$ , està situada com s'indica a la figura 8.21.b per a casquets fets rígids i que actua sobre l'extrem de la biga (vegeu la figura 8.21.c) quan no ho estan.

S'ha de comprovar l'ala del casquet d'angular a tallant (es considera vàlid en aquest cas el cordó de soldadura si té una amplada de coll de 0,7 vegades el gruix de l'ala de l'angular) si aquest no està fet rígid, i l'enrigidor, així com les soldadures, en cas contrari.

- c) Articulació amb doble casquet soldat. S'ha d'assegurar que la biga principal o suport al qual s'uneix la biga articulada permet un gir suficient, així com la flexibilitat del casquet, fet que exigeix no disposar cordons horitzontals de soldadura.

Per a la comprovació de les soldadures es considera la reacció situada a la cara dels casquets soldats a la biga principal (figura 8.21.d).

**8.8.8 Unions biga-pilar soldades**

- 1 La comprovació de la resistència a flexió consisteix a verificar, de la mateixa manera que a les collades:

$$\begin{aligned} M_{Ed} &\leq M_{Rd} \\ V_{wp,Ed} &\leq V_{wp,Rd} \end{aligned} \quad (8.78)$$

- 2 La resistència a tallant del nus s'ha de determinar en la forma definida per a les collades a 8.8.6, i igualment les resistències de les zones de tracció i compressió s'han de reduir, si s'escau, per interacció amb el tallant de nus de càlcul en l'ànima del pilar.
- 3 El moment resistent de càlcul,  $M_{Rd}$ , depèn de la resistència dels components de les zones sol·licitades a tracció, compressió i tallant. Aquest moment resistent es calcula multiplicant la resistència més petita obtinguda per a les zones sotmeses a tracció i compressió per la distància entre els seus centres de resistència.
- 4 Resistència de la zona sol·licitada a tracció.

- a) La resistència a tracció de càlcul que com a màxim pot admetre l'ala del pilar sense fer-se rígida, per a perfils laminats, és:

$$F_{t,Rd} = \frac{f_{yb} t_{fb} b_{ef,fb}}{\gamma_{M0}} \quad (8.79)$$

expressió en què l'amplada eficaç de l'ala de la biga  $b_{ef,fb}$  és

$$b_{ef,fb} = t_{wc} + 2r_c + 7 \frac{f_{yc} t_{fc}^2}{f_{yb} t_{fb}} \quad (8.80)$$

amb:  $b_{ef,fb} \leq t_{wc} + 2r_c + 7t_{fc}$

on:

els subíndexs b i c afegits al límit elàstic o qualsevol altre paràmetre fan referència a la biga i el pilar, respectivament (vegeu la figura 8.22).

Per a perfils soldats, són vàlides les expressions anteriors sense més que fer  $r_c = \sqrt{2} a_c$ , on  $a_c$  és el gruix de coll de la soldadura d'unió ala-ànima del perfil soldat que forma el pilar.

Si  $F_{t,Rd}$  és inferior al 70% de la resistència completa de l'ala de la biga ( $f_{yb} t_{fb} b_{fb} / \gamma_{M0}$ ), la unió s'ha de fer rígida.

La soldadura d'unió entre l'ala de pilar i la biga s'ha de dimensionar per assegurar la resistència completa de l'ala de la biga.

- b) La resistència de càlcul a tracció transversal de l'ànima del pilar sense fer-se rígida és:

$$F_{t,Rd} = \frac{f_{yc} t_{wc} b_{ef}}{\gamma_{M0}} \quad (8.81)$$

on:

$b_{ef}$  és l'amplada eficaç, donada per:

Perfils laminats:  $b_{ef} = t_{fb} + 2\sqrt{2} a_b + 5(t_{fc} + r_c)$

Perfils soldats: igual que l'anterior fent  $r_c = \sqrt{2} a_c$

L'ànima es pot reforçar mitjançant una xapa d'ànima o enrigidors.

- 5 Resistència de la zona sol·licitada a compressió. La resistència de càlcul a aplatament és igual que la indicada en el cas de les collades, apartat 8.8.6, tenint en compte que les amplades eficaces  $b_{ef}$  són en aquest cas les indicades en el punt anterior per a l'ànima del pilar sense fer-se rígida a tracció o reforçada.

## Document bàsic SE-A Acer

- 6 La rigidesa inicial i secant rotacional de la unió s'ha de determinar com en el cas de les unions collades, apartat 8.8.6, considerant exclusivament com a components bàsics de la unió les regions de l'ànima del pilar a tallant, tracció i compressió, de rigideses  $S_{wv}$ ,  $S_{wt}$ , i  $S_{wc}$ , respectivament.

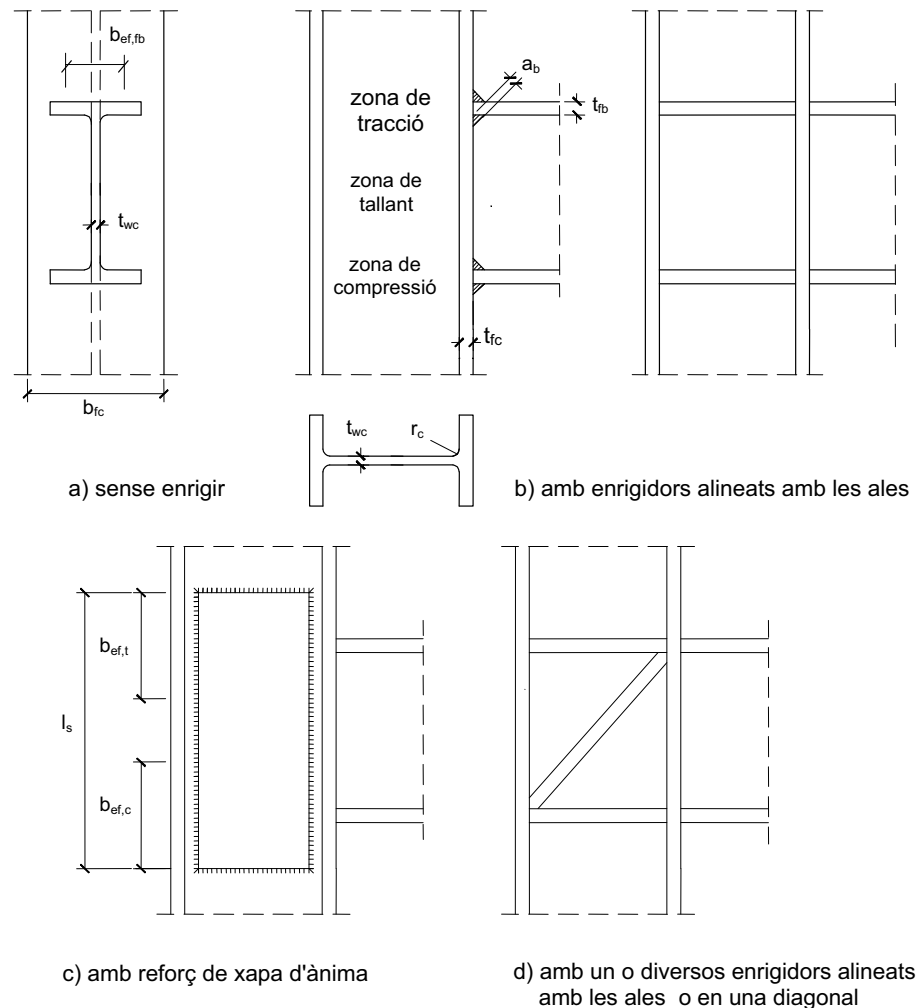


Figura 8.22 Unions biga-pilar soldades

## 8.9 Unions de perfils buits en les bigues de gelosia

### 8.9.1 Abast i camp d'aplicació

- 1 Aquest apartat es refereix als nusos de les estructures de gelosia planes (bigues triangulades), constituïdes per perfils buits (rectangulars, circulars o quadrats) o per perfils buits combinats amb perfils oberts.
- 2 Se suposa la continuïtat dels cordons i, per tant, les unions a què es refereix aquest apartat són de les barres d'ànima (diagonals i muntants) als cordons.
- 3 Les resistències dels nusos s'expressen en funció de les resistències de càlcul davant esforços axials de les peces de l'ànima.
- 4 Aquestes regles són aplicables tant a perfils buits laminats en calent d'acord amb l'UNE-EN 10210:1994 com a conformats en fred segons l'UNE-EN 10219:1998.
- 5 El coeficient parcial de seguretat  $\gamma_{Mj}$  per a la resistència dels nusos és  $\gamma_{Mj} = 1,0$ .



## Document bàsic SE-A Acer

- 6 En aquest apartat s'entén per "nus pla" de l'estructura de gelosia qualsevol unió entre elements estructurals situats en un mateix pla i que transmeten esforços essencialment axials.
- 7 Els símbols utilitzats en les taules d'aquest apartat es defineixen a l'apartat 8.9.7.
- 8 Les regles d'aplicació que es donen en aquest apartat només es poden utilitzar quan es compleixen les condicions següents:
  - a) les seccions de les barres comprimides són de classe 1 o 2 davant d'esforços de flexió pura;
  - b) els angles entre els cordons i les barres d'ànima i entre aquestes últimes són més grans de 30°;
  - c) el límit elàstic del material dels perfils buits no supera els 355 N/mm<sup>2</sup>. Per a productes de límit elàstic superior sense excedir els 460 N/mm<sup>2</sup> es poden emprar les resistències establertes en aquest apartat reduïdes pel factor 0,9;
  - d) el gruix nominal de les parets dels perfils buits no és inferior a 2,5 mm ni superior a 25 mm llevat que s'hagin pres mesures especials per assegurar-se que les propietats del material a través del seu gruix són les adequades.
- 9 Les barres que conflueixen en un nus han de presentar extrems preparats de manera que no es produeixi modificació de forma de les seves seccions transversals.
- 10 En els nusos "amb separació" aquesta no ha de ser inferior a  $(t_1 + t_2)$ , amb la finalitat d'assegurar un espai suficient per realitzar soldadures satisfactòries.
- 11 En els nusos "amb cavalcament" aquest ha de ser suficient per assegurar que en la unió de les barres d'ànima es produeix una transferència satisfactòria de l'esforç tallant de la biga d'una barra a l'altra. El cavalcament no ha de ser mai inferior al 25%.
- 12 Quan es cavalquen barres de travada que tenen gruixos diferents o materials diferents, la barra amb el valor més petit del producte  $t \cdot f_y$  ha de recobrir la de valor més gran.
- 13 Quan es cavalquen barres de travada d'amplada o diàmetre diferent, la més petita s'ha de cavalcar sobre la més gran.

**8.9.2 Anàlisi**

- 1 En l'anàlisi d'una biga de gelosia es pot suposar que les barres estan connectades per nusos articulats quan:
  - a) Les característiques geomètriques dels nusos estiguin dins del camp de validesa especificat en l'apartat 8.9.4, la taula 8.3 i la taula 8.5.
  - b) La relació entre la longitud de la barra i el seu cantell o altura en el pla de la biga no sigui inferior a:
    - 12 per als cordons.
    - 24 per a les barres d'ànima.
- 2 Es poden negligir les excentricitats que es trobin dins dels límits següents:
 
$$-0,55 d_o \leq e \leq 0,25 d_o \quad (8.82)$$

$$-0,55 h_o \leq e \leq 0,25 h_o \quad (8.83)$$
 on:
  - e és l'excentricitat (figura 8.23);
  - d<sub>o</sub> és el diàmetre del cordó;
  - h<sub>o</sub> és l'altura del cordó en el pla de la biga de gelosia.

## Document bàsic SE-A Acer

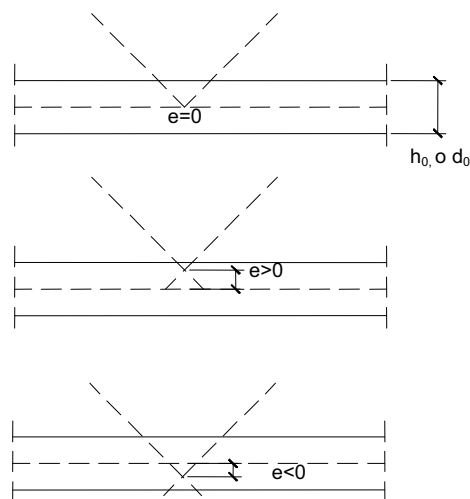


Figura 8.23 Excentricitat dels nusos

## 8.9.3 Soldadures

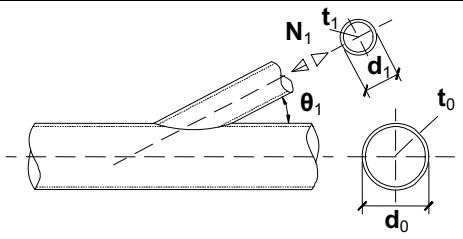
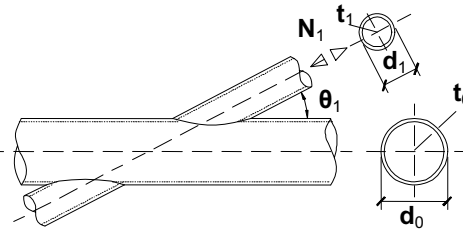
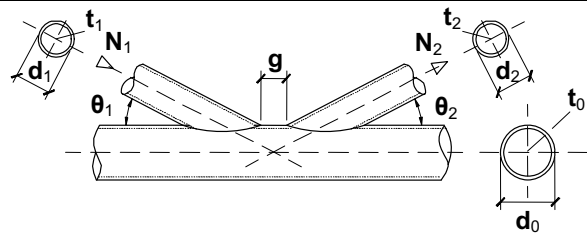
- 1 S'ha de soldar tot el perímetre de la secció amb una soldadura a topar, en angle o una combinació de les dues. Tanmateix, en els nusos amb cavalament parcial, només és necessari soldar la part amagada de la unió quan els valors dels axials són tals que els components perpendiculars al cordó no difereixen més d'un 20%.
- 2 La resistència de càlcul de la soldadura per unitat de longitud sobre el perímetre de la unió no ha de ser inferior a la resistència de càlcul a tracció de la secció transversal de la barra per unitat de longitud del perímetre. S'exceptuen els casos en què es puguin justificar tècnicament soldadures més petites considerant tant la resistència del nus com la seva capacitat de deformació i/o la seva capacitat de gir.

## 8.9.4 Nusos soldats entre perfils buits circulars

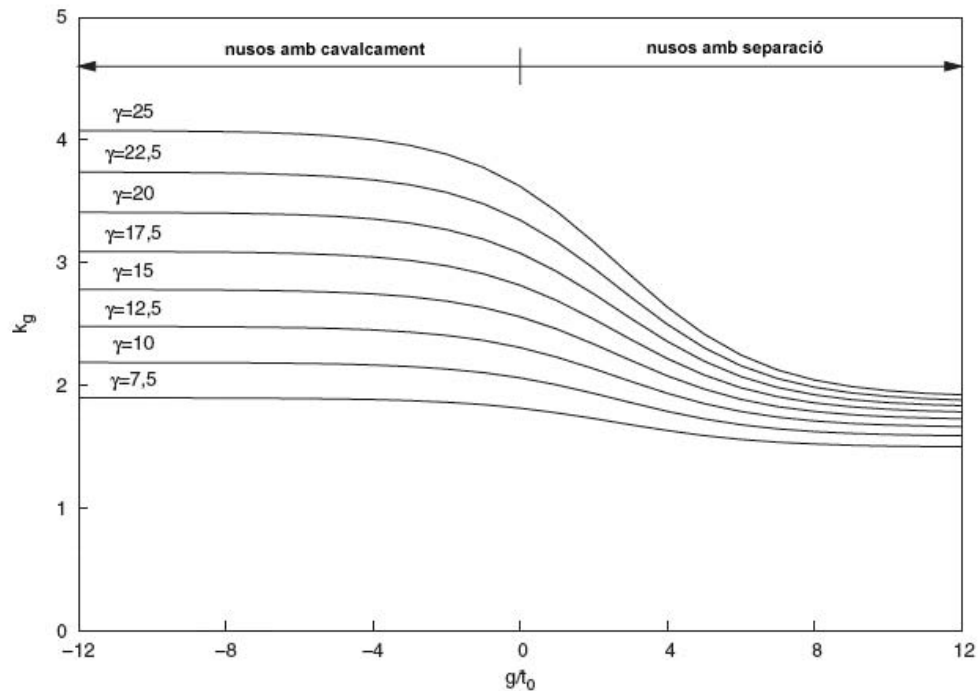
- 1 Les resistències de càlcul dels nusos es poden determinar aplicant les fórmules donades a la taula 8.2, que corresponen als modes de fallada per plastificació de la cara del cordó, o punxonament per tallant de biga de la paret del cordó, sempre que la geometria dels nusos es trobi dins del camp de validesa següent:
  - a)  $0,2 \leq d_i/d_o \leq 1,0$
  - b) Classe 1 o 2 i ( $10 \leq d_i/t_i \leq 50$ )
  - c) Classe 1 o 2 i ( $10 \leq d_o/t_o \leq 50$ ) en general, però ( $10 \leq d_o/t_o \leq 40$ ) per a nusos en X
  - d)  $\lambda_{ov} \geq 25\%$  (proporció de cavalament, vegeu l'annex B)
  - e)  $g \geq t_1 + t_2$  (separació, vegeu l'annex B)
- 2 Per als nusos que quedin fora del camp de validesa donat anteriorment, s'ha de realitzar una anàlisi més detallada, tenint en compte els modes de fallada per enfonsament o vincament de la paret lateral (o l'ànima) del cordó, per fallada per tallant del cordó, per fallada per reducció de l'amplada eficaç en la unió de la peça d'ànima o per abonyegament local, anàlisi que ha de considerar els moments secundaris en els nusos provocats per la seva rigidesa a flexió.

Document bàsic SE-A Acer

Taula 8.2 Resistències de càlcul de nusos soldats entre perfils buits circulars

Tipus de nus	Resistència de càlcul
Nusos en T o Y	Plastificació del cordó
	$N_{1,Rd} = \frac{f_{yo} t_o^2}{\sin(\theta_1)} (2,8 + 14,2 \beta^2) \gamma^{0,2} k_p \left[ \frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$
Nusos en X	Plastificació del cordó
	$N_{1,Rd} = \frac{f_{yo} t_o^2}{\sin(\theta_1)} \frac{5,2}{(1 - 0,81 \beta)} k_p \left[ \frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$
Nusos en K i N amb separació o recobriment (cavalcament)	Plastificació del cordó
	$N_{1,Rd} = \frac{f_{yo} t_o^2}{\sin(\theta_1)} (1,8 + 10,2 d_1/d_o) k_p k_g \left[ \frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$ $N_{2,Rd} = \frac{\sin(\theta_1)}{\sin(\theta_2)} N_{1,Rd}$
Nusos en T, Y, X i Nusos en K, N, KT amb separació quan $d_i \leq d_o - 2 t_o$	Punxonament per esforç tallant
	$N_{t,Rd} = \frac{f_{yo}}{\sqrt{3}} t_o \pi d_i \frac{1 + \sin(\theta_1)}{2 \sin^2(\theta_1)} \left[ \frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]; i = 1 \text{ o } 2$
<b>Funcions</b>	
$k_p = 1,0$ $k_p = 1 - 0,3 n_p(1 - n_p)$	per a $n_p \leq 0$ (tracció) per a $n_p > 0$ (compressió) però $k_p \leq 1,0$
$k_g = \gamma^{0,2} \left[ 1 + \frac{0,024 \gamma^{1,2}}{\exp(0,5 g/t_o - 1,33) + 1} \right]$	
$\gamma = d_o / 2t_o ; \gamma_{Mj} = 1,0$ (vegeu 8.9.1 5)	
$\beta = d_1 / d_o$ en nusos T, Y, X; $\beta = (d_1 + d_2) / 2d_o$ en nusos K i N; $\beta = (d_1 + d_2 + d_3) / 3d_o$ en nusos KT (vegeu la figura 8.24)	

Document bàsic SE-A Acer

Figura 8.24 Valors del coeficient  $k_g$ 

### 8.9.5 Nusos soldats entre barres d'ànima i cordons de secció quadrada o rectangular

#### 8.9.5.1 Barres d'ànima de secció quadrada o circular i cordons de secció quadrada

- 1 Sempre que la geometria dels nusos es trobi dins del camp de validesa especificat a la taula 8.3, les resistències de càlcul dels nusos es poden determinar aplicant les fórmules que es donen a la taula 8.4.
- 2 Per als nusos que queden fora del camp de validesa especificat a la taula 8.3, s'ha d'aplicar l'apartat 8.9.5.2.

#### 8.9.5.2 Seccions rectangulars

- 1 Les resistències de càlcul dels nusos entre seccions buides rectangulars i dels nusos entre seccions buides quadrades fora del camp de validesa de la taula 8.3 s'han de basar en els criteris següents:
  - a) fallada per plastificació de la superfície o de la secció transversal del cordó;
  - b) inici d'una fissura que condueixi a la ruptura de les barres (punxonament per esforç tallant);
  - c) fissuració en les soldadures o en les barres d'ànima (reducció de l'amplada efectiva);
  - d) enfonsament o vinclament local de les parets laterals del cordó sota la barra d'ànima sol·licitada a compressió;
  - e) vinclament local a les zones sol·licitades a compressió de les barres;
  - f) fallada per esforç tallant del cordó;

La figura 8.25 il·lustra els modes de fallada.

## Document bàsic SE-A Acer

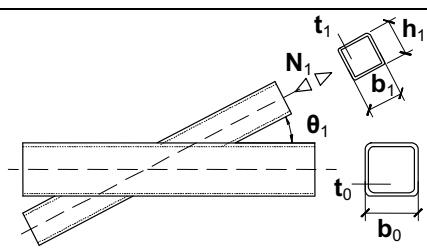
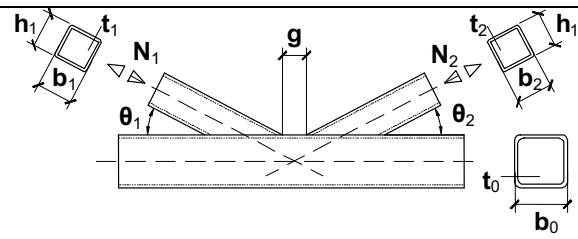
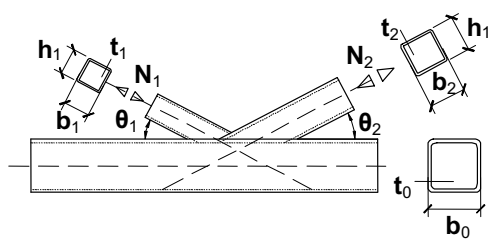
Taula 8.3 Camp d'aplicació de la taula 8.4 per a nusos soldats entre barres d'ànima de secció quadrada o circular i cordons de secció quadrada

Tipus de nus	Paràmetres de nus (i=1 o 2, j = barra d'ànima solapada)				
	$\frac{b_i}{b_o}$ o $\frac{d_i}{b_o}$	$\frac{b_i}{t_i}$ o $\frac{d_i}{t_i}$	$\frac{b_o}{t_o}$	$\frac{b_1+b_2}{2 b_1}$ o $\frac{b_i}{b_j}$ i $\frac{t_i}{t_j}$	Separació o cavalcament
Nusos en T, Y o X	$0,25 \leq \frac{b_i}{b_o} \leq 0,85$		$10 \leq \frac{b_o}{t_o} \leq 35$		
Nus en K amb separació	$\frac{b_i}{b_o} \geq 0,35$ i	$\frac{b_i}{t_i} \leq 1,25 \sqrt{\frac{E}{f_{y1}}}$			$\frac{g}{b_o} \geq 0,5(1-\beta)$
Nus en N amb separació	$\frac{b_i}{b_o} \geq 0,1 + 0,01 \frac{b_o}{t_o}$	$\frac{b_i}{t_i} \leq 35$	$15 \leq \frac{b_o}{t_o} \leq 35$	$0,6 \leq \frac{b_1+b_2}{2 b_1} \leq 1,3$	però $\frac{g}{b_o} \leq 1,5(1-\beta)$
Nus en K amb cavalcament	$\frac{b_i}{b_o} \geq 0,25$	$\frac{b_i}{t_i} \leq 1,1 \sqrt{\frac{E}{f_{y1}}}$	$\frac{b_o}{t_o} \leq 40$	$\frac{b_i}{b_j} \leq 0,75$	$\lambda_{ov} \geq 25\%$
Nus en N amb cavalcament				$\frac{t_i}{t_j} \leq 1,0$	$\lambda_{ov} \leq 100\%$
Barra d'ànima de secció circular	$0,4 \leq \frac{d_i}{b_o} \leq 0,8$	$\frac{b_i}{t_i} \leq 1,5 \sqrt{\frac{E}{f_{y1}}}$	$\frac{d_i}{t_i} \leq 50$	Les mateixes limitacions que les esmentades abans però substituint $b_i$ per $d_i$ i $b_j$ per $d_j$	

Fora d'aquests límits de paràmetres, la resistència del nus es pot calcular com si el cordó tingués una secció rectangular.

## Document bàsic SE-A Acer

Taula 8.4 Resistències de càlcul de nusos soldats entre riestes de secció buida circular o quadrada i un cordó de secció quadrada

Tipus de nus	Resistència de càlcul $i = 1$ o $2$ , $j =$ barra solapada	
Nusos en X, Y i T	Plastificació de la cara del cordó	$\beta \leq 0,85$
	$N_{i,Rd} = \frac{f_{yo} t_0^2}{(1-\beta) \sin(\theta_1)} \left[ \frac{2\beta}{\sin(\theta_1)} + 4(1-\beta)^{0,5} \right] k_n \left[ \frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$	
Nusos en K i N amb separació	Plastificació de la cara del cordó	$\beta \leq 1,0$
	$N_{i,Rd} = \frac{8,9 f_{yo} t_0^2}{\sin(\theta_1)} \left[ \frac{b_1 + b_2}{2 b_0} \right] \gamma^{0,5} k_n \left[ \frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$	
Nusos en K i N amb cavalcament*	Reducció amplada efectiva	$25\% \leq \lambda_{ov} \leq 50\%$
	$N_{i,Rd} = f_{yi} t_i \left[ \frac{\lambda_{ov}}{50} (2 h_i - 4 t_i) + b_{ef} + b_{e,ov} \right] \left[ \frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$	
	Reducció amplada efectiva	$50\% \leq \lambda_{ov} \leq 80\%$
	$N_{i,Rd} = f_{yi} t_i (2 h_i - 4 t_i + b_{ef} + b_{e,ov}) \left[ \frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$	
	Reducció amplada efectiva	$\lambda_{ov} \geq 80\%$
	$N_{i,Rd} = f_{yi} t_i (2 h_i - 4 t_i + b_i + b_{e,ov}) \left[ \frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$	
Barres d'ànima de secció circular	Multiplicar les resistències esmentades abans per $\pi/4$ i substituir $b_1$ i $h_1$ per $d_1$ i substituir $b_2$ i $h_2$ per $d_2$	
<b>Funcions</b>		
$k_n = 1,0$ per a $n \leq 0$ (tracció)	$k_n = 1,3 - (0,4 n/\beta)$ per a $n \leq 0$ (compressió) però $k_n \leq 1,0$	
$b_{ef} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{yo} t_0}{f_{yi} t_i} b_i$ però $b_{ef} \leq b_i$	$b_{e,ov} = \frac{10}{b_1/t_1} \frac{f_{yi} t_i}{f_{y1} t_1} b_i$ però $b_{e,ov} \leq b_i$	
*Només és necessari comprovar la barra que cavalca. L'eficàcia de la barra superposada (és a dir, la resistència de càlcul del nus dividida per la resistència plàstica de la barra) s'ha de considerar igual que la de la barra que cavalca.		
$\gamma = b_0 / 2t_0$ ; $\gamma_{Mj} = 1,0$ (vegeu 8.9.1 5)		
$\beta = b_1 / b_0$ en nusos T, Y, X; $\beta = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / 4b_0$ en nusos K i N;		
$\beta = (b_1 + b_2 + b_3 + h_1 + h_2 + h_3) / 6b_0$ en nusos KT		

## Document bàsic SE-A Acer

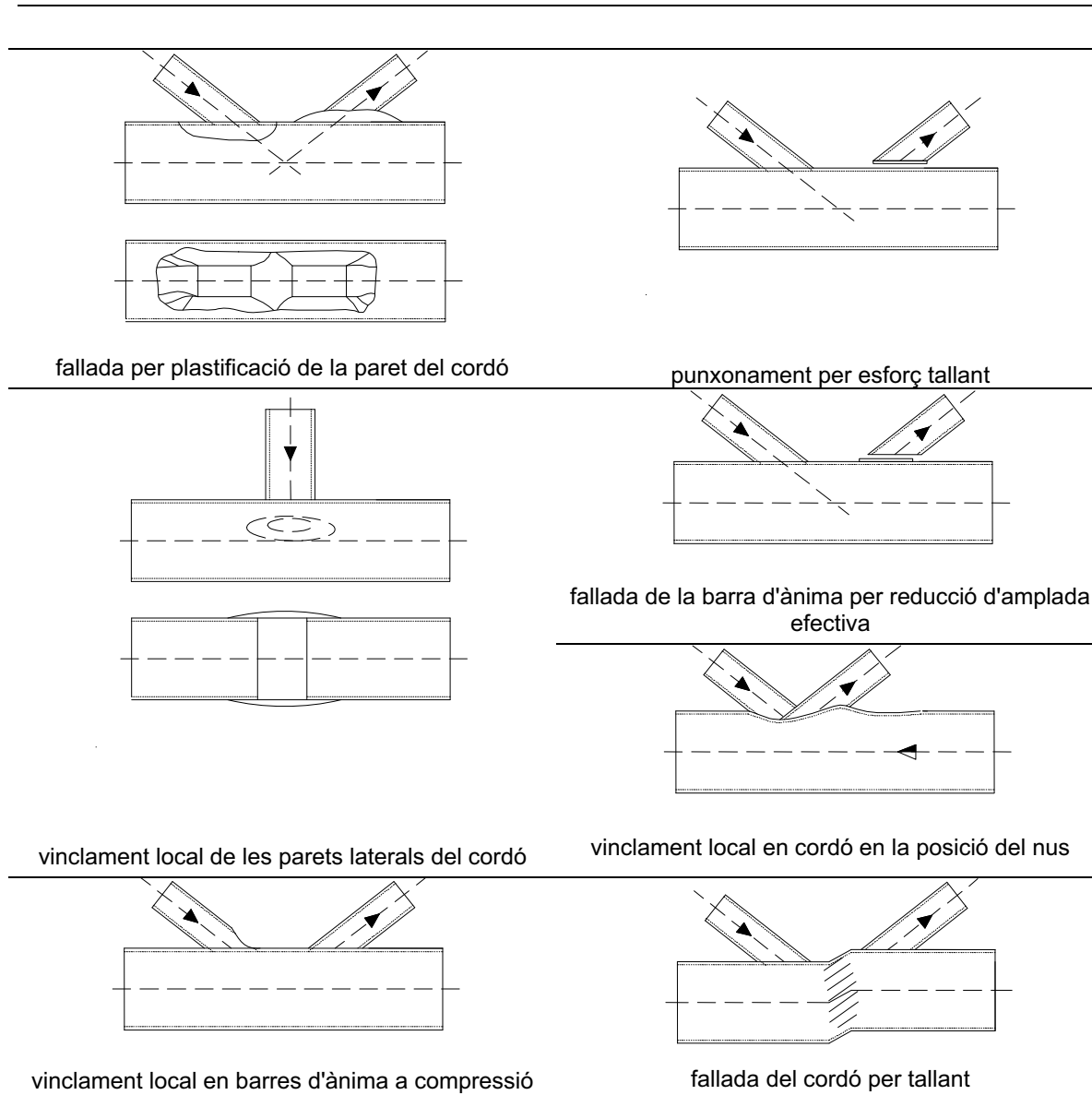


Figura 8.25 Modes de fallada. Seccions rectangulars

## 8.9.6 Nusos soldats entre barres d'ànima de secció buida i cordó de secció en doble T o en H

- 1 En els nusos de tipus separació, les resistències de càlcul dels cordons tenint en compte l'esforç tallant transmès entre les barres de travada als cordons s'han de determinar negligint els moments secundaris associats, de la forma següent:

$$\text{Si } V_{sd}/V_{pl, Rd} \leq 0,5: N_{0, Rd} = f_{y0} A_0 / \gamma_{M0} \quad (8.84)$$

$$\text{Si } 0,5 < V_{sd}/V_{pl, Rd} \leq 1,0: N_{0, Rd} = f_{y0} \left[ A_0 - A_v (V_{sd}/V_{pl, Rd} - 1)^2 \right] / \gamma_{M0} \quad (8.85)$$

- 2 Sempre que la geometria dels nusos quedi dins del camp de validesa indicat a la taula 8.5 les resistències de càlcul dels nusos s'han de determinar aplicant les fórmules donades a la taula 8.6. que corresponen als modes de ruptura per plastificació de la paret del cordó o ruptura de barra d'ànima per reducció de l'amplada efectiva.
- 3 Per als nusos que quedin fora del camp de validesa donat a la taula 8.5, és necessari realitzar una anàlisi més detallada considerant la resta dels modes de fallada possibles. Aquesta anàlisi ha de

## Document bàsic SE-A Acer

tenir en compte, també, els moments secundaris en els nusos causats per la seva rigidesa a la flexió.

Taula 8.5 Camp d'aplicació de la taula 8.6 per als nusos soldats entre barres d'ànima de secció buida i cordons de secció en doble T o en H

Tipus de nus	Paràmetres de nus (i =1 o 2, j = trava cavalcada)					$\frac{b_1, h_1, d_1}{t_1, t_1, t_1}$	
	$\frac{h_i}{b_i}$	$\frac{b_j}{b_i}$	$\frac{d_w}{t_w}$	$\frac{b_o}{t_o}$			
					Compressió	Tracció	
Nus en X	$0,5 \leq \frac{h_i}{b_i} \leq 2,0$		$\frac{d_w}{t_w} \leq 1,2 \sqrt{\frac{E}{f_{y0}}}$ i $d_w \leq 400 \text{ mm}$				
Nus en T Nus en Y					$\frac{h_1}{t_1} \leq 1,1 \sqrt{\frac{E}{f_{y1}}}$	$\frac{h_1}{t_1} \leq 35$	
Nus en K amb separació	$\frac{h_i}{b_i} = 1,0$		$\frac{d_w}{t_w} \leq 15 \sqrt{\frac{E}{f_{y0}}}$ i $d_w \leq 400 \text{ mm}$	$\frac{b_o}{t_o} \leq 0,75 \sqrt{\frac{E}{f_{y0}}}$	$\frac{b_1}{t_1} \leq 1,1 \sqrt{\frac{E}{f_{y1}}}$	$\frac{b_1}{t_1} \leq 35$	
Nus en N amb separació					$\frac{d_1}{t_1} \leq 1,1 \sqrt{\frac{E}{f_{y1}}}$	$\frac{d_1}{t_1} \leq 35$	
Nus en K amb cavalcament	$0,5 \leq \frac{h_i}{b_i} \leq 2,0$	$\frac{b_j}{b_i} \geq 0,75$					
Nus en N amb cavalcament							



**Taula 8.6 Resistències de càlcul de nusos soldats entre barres d'ànima de secció buida i cordons de secció en doble T o en H**

Tipus de nus	Resistència de càlcul i = 1 o 2, j = trava cavalcada	
Nusos en X, Y i T	Plastificació de l'ànima del cordó	
	$N_{i,Rd} = \frac{f_{yo} t_w b_w}{\sin(\theta_1)} \left[ \frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$	
	Reducció d'amplada eficaç	
	$N_{i,Rd} = 2 f_{y1} t_1 b_{ef} \left[ \frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$	
Nusos en K i N amb separació	Estabilitat de l'ànima del cordó	No és necessària la comprovació d'amplada efectiva si:
	$N_{i,Rd} = \frac{f_{yo} t_w b_w}{\sin(\theta_1)} \left[ \frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$	$g/t_1 \geq 20 - 28 \beta$ $\beta \leq 1,0 - 0,03 \gamma$ i
	Red. d'amplada eficaç	$0,75 \leq d_1/d_2 \leq 1,33$ per a perfil buit circular $0,75 \leq b_1/b_2 \leq 1,33$ per a perfil buit rectangular
	$N_{i,Rd} = 2 f_{y1} t_1 b_{ef} \left[ \frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$	
	Cisallament del cordó	
	$N_{i,Rd} = \frac{f_{yo} A_v}{\sqrt{3} \sin(\theta_1)} \left[ \frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$	
Nusos en K i N amb cavalcament <sup>(1)</sup>	Reducció d'amplada eficaç	$25\% \leq \lambda_{ov} \leq 50\%$
	$N_{i,Rd} = f_{yi} t_i \left[ \frac{\lambda_{ov}}{50} (2 h_i - 4 t_i) + b_{ef} + b_{e,ov} \right] \left[ \frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$	
	Reducció d'amplada eficaç	$50\% \leq \lambda_{ov} \leq 80\%$
	$N_{i,Rd} = f_{yi} t_i (2 h_i - 4 t_i + b_{ef} + b_{e,ov}) \left[ \frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$	
	Reducció d'amplada eficaç	$\lambda_{ov} \geq 80\%$
$N_{i,Rd} = f_{yi} t_i \left[ \frac{\lambda_{ov}}{50} (2 h_i - 4 t_i) + b_{eff} + b_{e,ov} \right] \left[ \frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$	$N_{i,Rd} = f_{yi} t_i (2 h_i - 4 t_i + b_i + b_{e,ov}) \left[ \frac{1}{\gamma_{Mj}} \right]$	
Funcions		
Secció buida rectangular	$A_v = A_o + (2-\sigma) b_o t_f + (t_w + 2r) t_f$	
$b_w = \frac{h_i}{\sin(\theta_1)} + 5 (t_f + r) \quad b_w \leq 2 t_1 + 10 (t_f + r)$	Secció buida rectangular $\alpha = \left[ \frac{1}{1 + \frac{4g}{3t_f}} \right]^{0.5}$	
Secció buida circular $b_w = \frac{d_i}{\sin(\theta_1)} + 8 (t_f + r) \quad b_w \leq 2 t_1 + 10 (t_f + r)$	Secció buida circular	
	$\alpha = 0$	
$b_{ef} = t_w + 2r + 7 \frac{f_{yo}}{f_{yi}} t_i \text{ però } b_{ef} \leq b_i$	$b_{e,ov} = \frac{10}{b_1/t_1} \frac{f_{yi} t_i}{f_{y1} t_1} b_i \text{ però } b_{e,ov} \leq b_i$	

<sup>(1)</sup> Només s'ha de comprovar la barra que cavalca. L'eficàcia de la barra cavalcada (és a dir, la resistència de càlcul del nus dividida per la resistència plàstica de la barra) s'ha de considerar igual que la de la que cavalca.

**8.9.7 Símbols utilitzats a les taules**

- $A_i$  àrea de la secció transversal de la barra  $i$ .
- $A_v$  àrea d'esforç tallant de la secció del cordó.
- $N_i$  esforç axial a la barra  $i$ .
- $N_{i,Rd}$  resistència de càlcul del nus per a un esforç axial a la barra  $i$ .
- $a$  gruix de coll d'una soldadura d'angle.
- $b_i$  amplada exterior de la secció buida quadrada o rectangular de la barra  $i$  ( $i = 0, 1$  o  $2$ ).
- $b_{ef}$  amplada eficaç de l'empalmament o connexió d'una barra d'ànima amb un cordó.
- $b_{e.ov}$  amplada efectiva de l'empalmament o unió de la barra d'ànima que cavalca amb la cavalcada.
- $b_w$  amplada efectiva de l'ànima del cordó.
- $d_i$  diàmetre de la secció buida circular de la barra  $i$ .
- $d_w$  altura de l'ànima d'un cordó de secció en I o en H.
- $e$  excentricitat d'un nus.
- $f_{yi}$  valor de càlcul del límit elàstic de la barra  $i$ .
- $g$  separació entre les barres d'ànima d'un nus en K o N.
- $h_i$  altura exterior d'una secció d'una barra  $i$ .
- $i$  subíndex utilitzat per designar una barra d'un nus,  $i = 0$  denota un cordó i  $i = 1$  i  $2$  designa les barres d'ànima. En els nusos amb dues barres d'ànima,  $i = 1$  designa normalment la trava comprimida i  $i = 2$ , la trava traccionada.
- $i, j$  subíndexs utilitzats per designar la barra que cavalca i la cavalcada.
- $k_g, k_p$  coeficients definits a la taula 8.2.
- $k_n$  coeficient definit a la taula 8.4.
- $n = \sigma_o / f_{yo}$
- $n_p = \sigma_p / f_{yo}$
- $r_o$  radi de l'acord ala-ànima d'un cordó de secció en I o en H.
- $t_i$  gruix de paret de la barra  $i$ .
- $t_f$  gruix de l'ala d'una secció en doble T o en H.
- $t_w$  gruix de l'ànima d'una secció en doble T o en H.
- $\alpha$  factor que dona la contribució de l'ala del cordó davant de la resistència a l'esforç tallant.
- $\beta$  relació entre el diàmetre mitjà (o l'amplada mitjana) de la barra d'ànima i del cordó.
- $$\frac{d_1}{d_0} \text{ o } \frac{d_1 + d_2}{2d_0}, \frac{b_1}{b_0} \text{ o } \frac{b_1 + b_2}{2b_0}$$
- $\gamma$  relació entre el radi (o la meitat de l'amplada) del cordó i el gruix de la seva paret.
- $$\frac{d_0}{2t_0} \text{ o } \frac{b_0}{2t_0}$$
- $\gamma_{Mj}$  coeficient de seguretat parcial de la unió.
- $\theta_i$  angle entre el cordó i una barra d'ànima  $i$ .
- $\sigma_o$  tensió màxima de compressió en el cordó deguda a l'esforç axial i al moment flector.
- $\sigma_p$  valor de  $\sigma_o$  després de deduir la tensió deguda als components horitzontals dels esforços en les barres del nus.

## Document bàsic SE-A Acer

Els nusos K, N, T, X i KT són descripcions abreujades per als tipus d'unions o nusos representats a la figura 8.26.

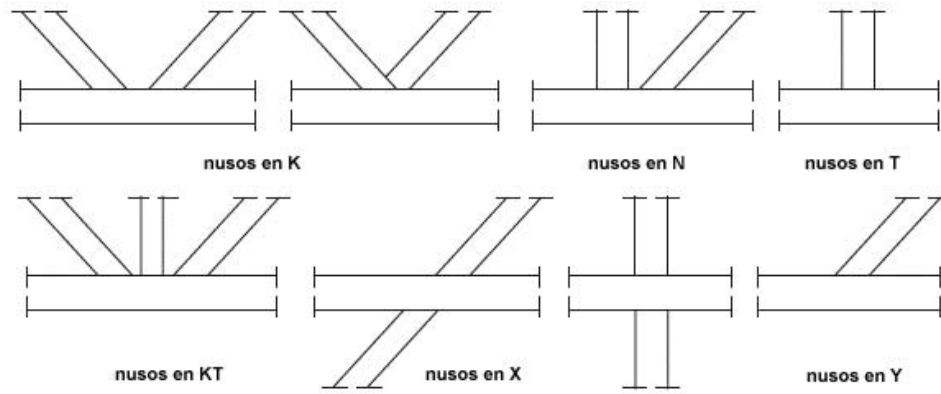


Figura 8.26 Tipus de nusos

## 9 Fatiga

### 9.1 Generalitats

- 1 A l'annex C s'inclou un mètode (mètode de les corbes S-N) per a la comprovació a fatiga, basat en assajos de fatiga sobre provetes a gran escala que inclouen els efectes geomètrics i d'imperfecions estructurals degudes a la fabricació i muntatge de l'estructura (per exemple, les tensions residuals de soldadura en els cordons realitzats d'acord amb la bona pràctica).
- 2 El mètode és aplicable a tots els tipus d'acer estructural, acer inoxidable i acers amb resistència millorada a la corrosió, llevat que s'indiqui el contrari en la classificació corresponent.
- 3 No es consideren els edificis situats en ambients agressius, com per exemple el marí. Tampoc es consideren els elements sotmesos a temperatures superiors als 150 °C.
- 4 No és necessària la comprovació a fatiga en les estructures d'edificis, excepte en els següents:
  - a) els que suporten grues, aparells d'elevació i/o transport, camins de rodolament, bigues carril·leres, etc;
  - b) els que suporten màquines que indueixin vibracions (premses, màquines alternatives, etc.);
  - c) elements esvelts sotmesos a vibracions induïdes pel vent.

## 10 Execució

### 10.1 Materials

- 1 Aquest capítol es refereix als elements fabricats amb els materials esmentats en aquest DB i, en particular:
  - a) acers en xapes i perfils de qualitat S 235 a S 450, tots dos inclosos. Si el material ha d'experimentar durant la fabricació algun procés capaç de modificar la seva estructura metal·logràfica (deformació amb flama, tractament tèrmic específic, etc.) el plec de condicions ha de definir els requisits addicionals pertinents;
  - b) característiques mecàniques dels cargols, femelles i volanderes corresponents als tipus 4,6 a 10,9;
  - c) el material d'aportació per a soldadura apropiat per als materials a soldar i amb les condicions que estableixi el procediment de soldadura. El valor màxim de carboni equivalent s'ha de calcular a partir de l'anàlisi o mitjançant la declaració del fabricant si aquest té un sistema de control de la producció certificat;
  - d) en acers de resistència millorada a la corrosió atmosfèrica la resistència a la corrosió del material d'aportació és equivalent a la del material base. Quan se soldin aquest tipus d'acers, el valor del carboni equivalent no ha d'excedir el 0,54%;
  - e) el metall de reblliment o de la xapa dorsal és un acer amb valor màxim de carboni equivalent no superior al 0,43% o del mateix material que el material de base més soldable a unir.
- 2 No s'han de canviar, sense autorització del director d'obra, les qualitats de material especificades en el projecte, encara que aquest canvi impliqui un augment de les característiques mecàniques.

#### 10.1.1 Identificació dels materials

- 1 Les característiques dels materials subministrats han d'estar documentades de forma que es puguin comparar amb els requisits establerts al plec de condicions. A més, els materials s'han de poder identificar en totes les etapes de fabricació, de forma única i per mitjà d'un sistema apropiat.
- 2 La identificació es pot basar en registres documentats per a lots de producte assignats a un procés comú de producció, però cada component ha de tenir una marca duradora, distingible, que no li produeixi danys i resulti visible després del muntatge.
- 3 En general, i llevat que el plec de condicions ho prohibeixi, estan permesos els números estampats i les marques punxonades per al marcatge, però no les entalladures cisellades. En tot cas el plec de condicions ha d'indicar totes les zones en què no es permeti l'ús d'estampadores, encunys o punxons per realitzar marques.

#### 10.1.2 Característiques especials

- 1 El plec de condicions ha d'especificar:
  - a) qualsevol restricció especial sobre discontinuïtats o reparació de defectes de superfície;
  - b) tots els assajos per identificar imperfeccions o defectes interns, laminacions o fissures en zones a soldar dels materials;
  - c) qualsevol requisit per a material amb resistència millorada a la deformació en la direcció perpendicular a la superfície.

#### 10.1.3 Manipulació i emmagatzematge

- 1 El material s'ha d'emmagatzemar seguint les instruccions del seu fabricant i no s'ha d'usar si ha superat la vida útil en magatzem especificada. Si per la forma o el temps d'emmagatzematge pot

## Document bàsic SE-A Acer

haver experimentat un deteriorament important, abans de la seva utilització s'ha de comprovar que segueix complint els requisits establerts.

- 2 Els components estructurals s'han de manipular i emmagatzemar de forma segura, evitant que es produeixin deformacions permanents i de manera que els danys superficials siguin mínims. Cada component s'ha de protegir de possibles danys en els punts on se subjecti per a la seva manipulació. Els components estructurals s'han d'emmagatzemar apilats sobre el terreny però sense tenir-hi contacte, evitant qualsevol acumulació d'aigua.

## 10.2 Operacions de fabricació al taller

### 10.2.1 Tall

- 1 S'ha de realitzar per mitjà de serra, cisalla, tall tèrmic (oxitall) automàtic i, només si aquest no és practicable, oxitall manual.
- 2 S'accepten talls obtinguts directament per oxitall sempre que no tinguin irregularitats significatives i s'hagin eliminat les restes d'escòria.
- 3 El plec de condicions ha d'especificar les zones en què no és admissible material endurit després de processos de tall.

### 10.2.2 Conformació

- 1 L'acer es pot doblegar, premsar o forjar fins que adopti la forma requerida, utilitzant processos de conformació en calent o en fred, sempre que les característiques del material no quedin per sota dels valors especificats.
- 2 Per a la conformació en calent s'han de seguir les recomanacions del productor siderúrgic. La conformació s'ha de realitzar amb el material en estat vermell cirera, emprant de forma adequada la temperatura, el temps i la velocitat de refredament. No es permet el doblegament o la conformació en l'interval de calor blava (250 °C a 380 °C), ni per a acers termomecànics o trempats i revinguts, llevat que es realitzin assajos que demostrin que, després del procés, segueixen complint els requisits especificats en el plec de condicions.
- 3 Es pot emprar la conformació mitjançant l'aplicació controlada de calor seguint els criteris del paràgraf anterior.
- 4 Es permet la conformació en fred, però no la utilització de cops de martell.
- 5 Els radis d'acord mínims per a la conformació en fred són:

Gruix de la xapa (mm)	Radi (interior) de l'acord
$t \leq 4$	t
$4 < t \leq 8$	1,5 t
$8 < t \leq 12$	2 t
$12 < t \leq 24$	3 t

### 10.2.3 Perforació

- 1 Els forats s'han de realitzar per perforació o un altre procés que proporcioni un acabat equivalent.
- 2 El punxonament s'admet per a materials de fins a 25 mm de gruix, sempre que el gruix nominal del material no sigui superior al diàmetre nominal del forat (o dimensió mínima si el forat no és circular). Es poden realitzar forats mitjançant punxonat sense mandrinatge excepte a les zones en què el plec de condicions especifiqui que hagin d'estar lliures de material endurit. Una possibilitat és punxonar fins a una mida 2 mm inferior al diàmetre definitiu i foradar fins al diàmetre nominal.

## Document bàsic SE-A Acer

- 3 Els forats allargats s'han de realitzar mitjançant una sola operació de punxonament o mitjançant perforació o punxonat de dos forats i oxitall posterior.
- 4 Les rebaves s'han d'eliminar abans de l'acoblament; no és necessari separar les diferents parts quan els forats estan perforats en una sola operació a través de les parts esmentades unides fermament entre si.
- 5 L'aixamfranament s'ha de realitzar després de la perforació o el punxonament del forat normal.

**10.2.4 Angles entrants i entalles**

- 1 Aquests punts han de tenir un acabat arrodonit, amb un radi mínim de 5 mm.
- 2 Quan aquest acabat es realitzi mitjançant punxonat en xapes de més de 16 mm de gruix, els materials deformats s'han d'eliminar mitjançant esmolada.

**10.2.5 Superfícies per a suport de contacte**

- 1 Els requisits de planitud i grau d'acabat en suports per contacte s'han d'especificar en el plec de condicions.
- 2 Les superfícies han d'estar acabades formant angles rectes, complint les toleràncies geomètriques especificades en aquest DB. En cas que es comprovi la planitud abans de l'armat d'una superfície simple contrastant-la amb un marge recte, l'espai entre superfície i marge no ha de superar els 0,5 mm.
- 3 S'han de tenir en compte durant la fabricació els requisits per a l'ajust després de l'alineació i el collament que mostra la figura 10.1.
- 4 Si la separació supera els límits indicats es poden utilitzar falques i folros per reduir-la per tal que compleixi els límits especificats. Les falques poden ser platines d'acer inoxidable; no se n'han d'utilitzar més de tres en qualsevol punt, i es poden fixar en la seva posició mitjançant soldadures en angle o a topar amb penetració parcial.
- 5 Si hi ha enrigidors per tal de transmetre esforços en suports de contacte total, la separació entre superfícies de suport no ha de ser superior a 1 mm i ha de ser inferior a 0,5 mm sobre, almenys, les dues tercers parts de l'àrea nominal de contacte.

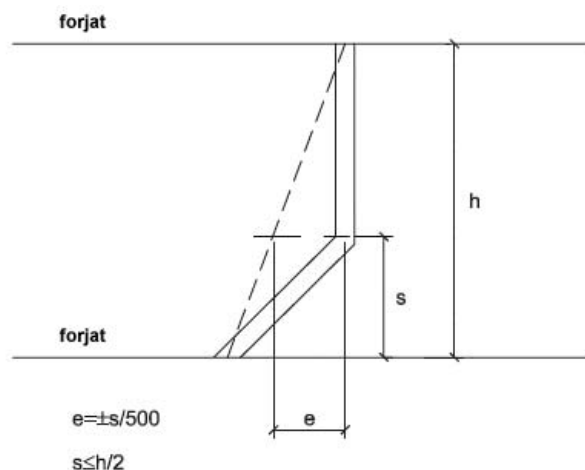


Figura 10.1 Localització d'un empalmament amb relació a la recta que passa pels punts d'unió a forjats

**10.2.6 Empalmaments**

- 1 No es permeten més empalmaments que els establerts en el projecte o autoritzats pel director d'obra. Els empalmaments esmentats s'han de realitzar d'acord amb el procediment establert.

## 10.3 Soldadura

### 10.3.1 Pla de soldadura

- 1 S'ha de proporcionar al personal encarregat un pla de soldadura que, com a mínim, inclogui tots els detalls de la unió, les dimensions i el tipus de soldadura, la seqüència de soldadura, les especificacions sobre el procés i les mesures necessàries per evitar l'esquinçament laminar.

### 10.3.2 Qualificació

#### 10.3.2.1 Qualificació del procediment de soldadura

- 1 Si en el plec de condicions es requereix la realització d'assajos del procediment de soldadura, aquests s'han de realitzar abans del començament de la producció. Si no s'utilitza un procés de soldadura qualificat per assaig durant més de tres anys, s'ha d'inspeccionar una proveta d'una prova de producció perquè sigui acceptat.
- 2 S'han de realitzar assajos per a processos totalment automàtics, soldadura de xapes amb emprimació al taller o amb penetració profunda. En l'últim cas indicat, així com si s'utilitza la soldadura amb doble passada pels dos costats sense presa d'arrel, s'ha d'assajar una proveta cada sis mesos.

#### 10.3.2.2 Qualificació de soldadors

- 1 Els soldadors han d'estar certificats per un organisme acreditat i qualificats d'acord amb la norma UNE-EN 287-1:1992, i si realitzen tasques de coordinació de la soldadura, han de tenir experiència prèvia en el tipus d'operació que supervisen.
- 2 Cada tipus de soldadura requereix la qualificació específica del soldador que la realitza.

### 10.3.3 Preparació per a la soldadura

- 1 Les superfícies i els marges han de ser els apropiats per al procés de soldadura que s'utilitzi i han d'estar exempts de fissures, entallaments, materials que afectin el procés o la qualitat de les soldadures i humitat.
- 2 Els components a soldar han d'estar correctament col·locats i fixos mitjançant dispositius adequats o soldadures de punteig, però no mitjançant soldadures addicionals, i han de ser accessibles per al soldador. S'ha de comprovar que les dimensions finals estan dins de toleràncies i s'han d'establir els marges adequats per a la distorsió o contracció.
- 3 Els dispositius provisionals per al muntatge han de ser fàcils de retirar sense danyar la peça. Les soldadures que s'utilitzin s'han d'executar seguint les especificacions generals i, si es tallen al final del procés, la superfície del metall base s'ha d'allisar per esmolada. S'han d'eliminar totes les soldadures de punteig no incorporades a les soldadures finals.
- 4 S'ha de considerar la utilització de preescalfament quan el tipus de material de l'acer i/o la velocitat de refredament puguin produir un enduriment de la zona tèrmicament afectada per la calor. Quan s'utilitzi, s'ha d'estendre 75 mm en cada component del metall base.

### 10.3.4 Tipus de soldadura

- 1 A continuació s'indiquen requisits per a l'execució dels tipus de soldadura més habituals; han de figurar en el plec de condicions els corresponents a qualsevol altre tipus de soldadura i han de tenir sempre un nivell de qualitat anàleg al d'aquest DB.

#### 10.3.4.1 Soldadures per punts

- 1 Una soldadura de punteig ha de tenir una longitud mínima de quatre vegades el gruix de la part més gruixuda de la unió i de 50 mm.



## Document bàsic SE-A Acer

- 2 El procés de soldadura ha d'incloure les condicions de deposició de soldadures de punteig, quan aquest sigui mecànic o totalment automatitzat. Aquestes soldadures han d'estar exemptes de defectes de deposició i, si estan fissurades, s'han de rectificar i netejar a fons abans de la soldadura final.

**10.3.4.2 Soldadura en angle**

- 1 Ha d'existir un contacte al més estret possible entre les parts a què s'han d'unir mitjançant una soldadura en angle.
- 2 La soldadura dipositada no ha de ser inferior a les dimensions especificades per al gruix de coll i/o la longitud del costat del cordó.

**10.3.4.3 Soldadura a topar**

- 1 S'ha de garantir que les soldadures són sanes, amb el gruix total de coll i amb final adequat en els extrems. S'ha d'especificar en el plec de condicions si s'han d'utilitzar xapes de vessament per garantir les dimensions del cordó.
- 2 Es poden realitzar soldadures amb penetració completa soldades només per un costat utilitzant o no xapa dorsal. La utilització d'aquesta última ha d'estar autoritzada en el plec de condicions i ha de ser fixada estretament al metall base.
- 3 La presa d'arrel en el dors del cordó ha de tenir forma de "v" simple i es pot realitzar en arc-aire, o per mitjans mecànics, fins a una profunditat que permeti garantir la penetració completa en el metall de la soldadura dipositat prèviament.

**10.3.4.4 Soldadura en tap i trau**

- 1 Les dimensions dels forats per a aquestes soldadures s'han d'especificar en el plec de condicions i han de ser suficients perquè es tingui un accés adequat a la soldadura. Si es requereix que s'omplin amb metall de soldadura, s'ha de comprovar prèviament que la soldadura en angle és satisfactòria.

**10.4 Unions collades****10.4.1 Utilització de cargols**

- 1 El diàmetre nominal mínim dels cargols ha de ser de 12 mm, llevat que s'especifiqui una altra cosa en el projecte.
- 2 La rosca pot estar inclosa en el pla de tall excepte en cas que s'utilitzi el cargol com a calibratge.
- 3 L'espiga del cargol ha de sortir de la rosca de la femella després del collament i entre la superfície de suport de la femella i la part no roscada de l'espiga, a més de la sortida de rosca, hi ha d'haver:
  - a) quatre filets de rosca complets per a cargols pretesats;
  - b) un filet de rosca complet per a cargols sense pretesar.
- 4 Els cargols no s'han de soldar, llevat que ho indiqui el plec de condicions.
- 5 Quan els cargols es disposin en posició vertical, la femella s'ha de situar per sota del cap del cargol.

**10.4.2 Utilització de femelles**

- 1 S'ha de comprovar abans de la col·locació que les femelles es poden desplaçar lliurement sobre el cargol corresponent.
- 2 Per assegurar les femelles no són necessàries mesures addicionals al collament normal, ni s'han de soldar, llevat que així ho indiqui el plec de condicions.

#### 10.4.3 Utilització de volanderes

- 1 En forats rodons normals i amb cargols sense pretesar, normalment no és necessari utilitzar volanderes, encara que el seu ús pot reduir danys en els recobriments. El diàmetre de les volanderes que s'han d'usar amb forats sobredimensionats o de dimensions especials, així com els requisits per a l'ús de volanderes en falca o volanderes que indiquen la pressió, s'ha d'indicar en el plec de condicions.
- 2 Si s'utilitzen volanderes sota el cap dels cargols, han de ser aixamfranades i s'han de situar amb el xamfrà cap al cap del cargol.
- 3 Per a cargols pretesats, s'han d'utilitzar volanderes planes endurides de la forma següent:
  - a) per a cargols 10,9 sota del cap del cargol i de la femella;
  - b) per a cargols 8,8 sota de l'element que es gira (el cap del cargol o la femella).

#### 10.4.4 Collament dels cargols sense pretesar

- 1 Cada conjunt de cargol, femella i volandera (o volanderes) ha d'assolir la condició d'"ajustat a topar" sense sobrepretesar els cargols. Aquesta condició és la que aconseguiria un home amb una clau normal, sense braç de prolongació.
- 2 Per als grups grans de cargols el collament s'ha de realitzar des dels cargols centrals cap a l'exterior i fins i tot s'ha de realitzar algun cicle de collament addicional.

#### 10.4.5 Collament dels cargols pretesats

- 1 Els cargols d'un grup, abans de començar el pretesat, han d'estar ajustats com si fossin cargols sense pretesar.
- 2 Per tal d'assolir un pretesat uniforme, el collament s'ha de realitzar progressivament des dels cargols centrals d'un grup fins als marges i posteriorment realitzar cicles addicionals de collament. Es poden utilitzar lubricants entre les femelles i cargols o entre les volanderes i el component que gira, sempre que no s'arribi a la superfície de contacte, estigui previst com a possibilitat pel procediment i ho admeti el plec de condicions.
- 3 Si un conjunt de cargol, femella i volandera (o volanderes) s'ha ajustat fins al pretesat mínim i després s'ha aflluixat, ha de ser retirat i se n'ha de descartar la utilització, llevat que ho admeti el plec de condicions.
- 4 El collament s'ha de realitzar seguint un dels procediments que s'indiquen a continuació, que ha d'estar calibrat mitjançant assajos de procediment adequats.

- a. Mètode de control del parell torsor

S'utilitza una clau dinamomètrica ajustada al parell mínim requerit per assolir el pretesat mínim especificat anteriorment.

- b. Mètode del gir de femella

Es marca la posició d'"ajustat a topar" i després es dona el gir de la femella indicat a la taula 10.1

- c. Mètode de l'indicador directe de tensió.

Les separacions mesurades en les volanderes indicadores de tensió es poden mitjanar per establir l'acceptabilitat del conjunt de cargol, femella i volanderes.

## Document bàsic SE-A Acer

**Taula 10.1 Valors indicatius del gir en el mètode de gir de femella**

Gruix nominal total de la unió e	Angle de gir a aplicar (graus)
$e < 2d$	120
$2d \leq e < 4d$	150
$4d \leq e < 6d$	180
$6d \leq e < 8d$	210
$8d \leq e \leq 10d$	240
$e > 10d$	-

Taula només vàlida per a superfícies a unir perpendiculars a l'eix del cargol i per a cargols tipus 8,8

## d) Mètode combinat

Es realitza un collament inicial pel mètode a), amb una clau ajustada a un parell torsor amb el qual assoleixi el 75% del pretesat mínim definit en aquest apartat, a continuació es marca la posició de la femella (com en el mètode b) i, finalment, es dona el gir de femella indicat a la taula 10.2.

**Taula 10.2 Valors indicatius del gir addicional en el mètode combinat**

Gruix nominal total de la unió e	Angle de gir a aplicar (graus)
$e < 2d$	60
$2d \leq e < 6d$	90
$6d \leq e \leq 10d$	120
$e > 10d$	-

Taula només vàlida per a superfícies a unir perpendiculars a l'eix del cargol i per a cargols tipus 8,8

**10.4.6 Superfícies de contacte en unions resistents al lliscament**

- 1 Es pot preparar una superfície de contacte per produir la classe de superfície especificada al plec de condicions; es poden utilitzar tractaments o recobriments garantits per assajos que s'especifiquin en el plec esmentat.

**10.5 Altres tipus de cargols**

- 1 Cargols aixamfranats.

Es pot utilitzar aquest tipus de cargols en unions tant pretesades com sense pretesar. El plec de condicions ha d'incloure la definició de l'aixamfranat i les toleràncies de forma que el cargol quedi enrasat nominalment amb la superfície de la xapa exterior.

- 2 Cargols calibrats i perns d'articulació.

Es poden utilitzar en unions tant pretesades com sense pretesar.

Les espigues d'aquests elements han de ser de classe de tolerància h 13, i els forats, de la classe H 11, segons l'ISO 286-2.

La rosca d'un cargol o pern calibrat no ha d'estar inclosa en el pla de tallant.

Els forats per ser mandrinats posteriorment en obra s'han de fer inicialment almenys 3 mm més petits.

- 3 Cargols hexagonals d'injecció.

## Document bàsic SE-A Acer

Les característiques d'aquest tipus de cargols s'han de definir en el plec de condicions.

## 10.6 Tractaments de protecció

- 1 Els requisits per als tractaments de protecció s'han d'incloure en el plec de condicions.

### 10.6.1 Preparació de les superfícies

- 1 Les superfícies s'han de preparar adequadament. Es poden prendre com a referència les normes UNE-EN-ISO 8504-1:2002 i UNE-EN-ISO 8504-2:2002 per a neteja per raig abrasiu i UNE-EN-ISO 8504-3:2002 per a neteja per mitjà d'eines mecàniques i manuals.
- 2 S'han de realitzar assajos de procediment dels processos per raig al llarg de la producció, per tal d'assegurar-ne l'adequació per al procés de recobriment posterior.
- 3 S'han de reparar, d'acord amb aquesta norma, tots els defectes de superfície detectats en el procés de preparació.
- 4 Les superfícies que estigui previst que hagin d'estar en contacte amb el formigó no s'han de pintar, en general, simplement s'han de netejar.
- 5 El sistema de tractament en zones que afronten amb una superfície que ha d'estar en contacte amb el formigó s'ha d'estendre almenys 30 mm de la zona esmentada.
- 6 S'ha d'extremar la cura i l'acord amb el que s'especifica al plec de condicions en el cas de superfícies de fricció, seguint el que s'indica en el punt d'execució i muntatge al taller. En qualsevol cas aquestes superfícies s'han de protegir després de la preparació i fins a l'armat amb cobertes impermeables.
- 7 No s'han d'utilitzar materials que perjudiquin la qualitat d'una soldadura a menys de 150 mm de la zona a soldar, i després de realitzar la soldadura no s'ha de pintar sense abans haver eliminat les escòries.

### 10.6.2 Mètodes de recobriment

- 1 Galvanització:
  - a) s'ha de realitzar d'acord amb l'UNE-EN-ISO 1460:1996 o l'UNE-EN-ISO 1461:1999, segons el que sigui procedent;
  - b) si s'escau, les soldadures han d'estar segellades abans d'usar un decapatge previ a la galvanització;
  - c) si hi ha espais tancats en l'element fabricat s'han de disposar forats de ventilació o purga on indiqui el plec de condicions;
  - d) les superfícies galvanitzades s'han de netejar i tractar amb pintura d'emprimació anticorrosiva amb diluent àcid o raig arrossegador abans de ser pintades.
- 2 Pintura:
  - a) immediatament abans de començar a pintar s'ha de comprovar que les superfícies compleixen els requisits del fabricant;
  - b) s'ha de pintar seguint les instruccions del fabricant, i si es fa més d'una capa, s'ha d'utilitzar en cadascuna una ombra de color diferent;
  - c) s'han de protegir les superfícies pintades de l'acumulació d'aigua durant un període determinat, d'acord amb les dades del fabricant de pintura.

### 10.6.3 Tractament dels elements de fixació

- 1 Per al tractament d'aquests elements s'ha de considerar el seu material i el dels elements a unir juntament amb el tractament que aquests portin prèviament, el mètode d'ajustat, la classificació contra la corrosió i qualsevol altra circumstància indicada al plec de condicions.

### 10.7 Execució de soldadura i muntatge al taller (tractament de protecció)

- 1 Els components han d'estar acoblats de forma que no resultin danyats o deformats més enllà de les toleràncies especificades.
- 2 Totes les unions per a peces provisionals a utilitzar en fase de fabricació han d'estar fetes d'acord amb aquest DB i han de ser coherents amb el projecte.
- 3 Tots els requisits relatius a contrafleixes o ajustaments previs que s'indiquin al plec de condicions per ser incorporats en components prefabricats s'han de comprovar després de completar la fabricació.
- 4 Després de completar la fabricació, la fixació entre components que estan interconnectats en interfícies de connexió múltiples s'han de comprovar utilitzant plantilles dimensionals o mitjançant fixació conjunta dels components.
- 5 S'ha d'evitar:
  - a) la projecció d'espurnes erràtiques de l'arc i, si es produeix, s'ha de sanejar la superfície de l'acer i inspeccionar-la;
  - b) la projecció de soldadura i, si es produeix, s'ha d'eliminar.
- 6 Els defectes no s'han de cobrir amb soldadures posteriors i s'han d'eliminar de cada passada abans de la següent. S'ha de fer el mateix amb qualsevol escòria.
- 7 Les reparacions de soldadura s'han de realitzar seguint una especificació de procediment de soldadura.
- 8 El rectificat amb mola abrasiva de la superfície de les soldadures completes ha d'estar especificat al plec de condicions.
- 9 El plec de condicions ha de preveure els procediments per al tractament tèrmic de components soldats.
- 10 S'ha de controlar la temperatura màxima de l'acer i el procés de refredament quan es realitzin correccions de distorsions de soldadura mitjançant aplicació local de calor.
- 11 Durant la fabricació i el muntatge s'han d'adoptar totes les precaucions per garantir que s'assoleix la classe especificada de superfície de fricció per a unions resistents al lliscament.
- 12 En el moment del muntatge al taller, les superfícies de contacte han d'estar lliures de qualsevol producte contaminant, com ara oli, brutícia o pintura. S'han d'eliminar les rebaves, que impossibiliten un assentament sòlid de les parts a unir. L'oli s'ha d'eliminar de la superfície de l'acer mitjançant l'ús de netejadors químics i no mitjançant neteja per bufador.
- 13 Si les superfícies sense recobrir no es poden armar directament després de la preparació de les superfícies de contacte, se les ha d'alliberar de totes les pel·lícules primes d'òxid i qualsevol altre material solt, mitjançant raspallat amb raspall metàl·lic. S'ha de prendre cura de no danyar ni polir la superfície rugosa.
- 14 Les zones tancades o amb difícil accés després de l'armat han de ser tractades prèviament; s'ha d'especificar al plec de condicions si s'ha d'utilitzar un tractament de protecció intern o si s'han de segellar per soldadura; en aquest cas també s'ha d'especificar el segellament de les zones tancades que es travin amb elements de fixació mecànics.
- 15 No s'ha de realitzar cap tractament superficial sobre els elements de fixació abans que s'hagin inspeccionat.

### 10.8 Control de fabricació al taller

- 1 Totes aquestes operacions han d'estar documentades i si es detecta una disconformitat, si és possible, s'ha de corregir i tornar a fer l'assaig i, si no és possible, es pot compensar realitzant les modificacions oportunes d'acord amb el plec de condicions.

### 10.8.1 Materials i productes fabricats

- 1 S'ha de comprovar per mitjà dels documents subministrats amb els materials i productes fabricats que aquests coincideixen amb les comandes. Si no s'inclou una declaració del subministrador segons la qual els productes o materials compleixen el plec de condicions, s'han de tractar com a productes o materials no conformes.

### 10.8.2 Dimensions geomètriques

- 1 Els mètodes i instruments per als mesuraments dimensionals es poden seleccionar d'entre els indicats a l'UNE-EN-ISO 7976-1:1989 i l'UNE-EN-ISO 7976-2:1989, i la precisió de les mesures es pot establir d'acord amb l'UNE-EN-ISO 8322.
- 2 Hi ha d'haver un pla d'inspecció i assajos en què es fixi la localització i freqüència dels mesuraments, així com els criteris de recepció, que han de ser segons les toleràncies de fabricació establertes en aquest DB.

### 10.8.3 Assajos de procediment

- 1 Si després de l'assaig els processos no són conformes, no s'han d'utilitzar fins que s'hagin corregit i tornat a assajar.

#### 10.8.3.1 Oxitall

- 1 La capacitat del procés s'ha de comprovar periòdicament produint quatre mostres dels assajos de procediment:
  - a) una mostra de tall recte del material de gruix superior tallat;
  - b) una mostra de tall recte del material de gruix inferior tallat;
  - c) una mostra de cantonada viva;
  - d) un arc corbat.
- 2 Sobre cadascuna de les dues mostres rectes, en una longitud no inferior a 200 mm, s'ha d'avaluar la superfície, de forma que la desviació de l'angle recte en el tall ( $u$ ) en mm i la profunditat de les estries en les cares de la xapa amb oxitall ( $R_z$ ) en micres compleixin:

$$u \leq 1 + 0,015 a$$

$$R_z \leq 110 + 1,8 a$$

on:

$a$  és el gruix del material en mm.

- 3 El valor de  $R_z$  és el valor mitjà de les amplituds ( $z$ ) de cinc longituds individuals de mesurament (vegeu la figura 10.2).

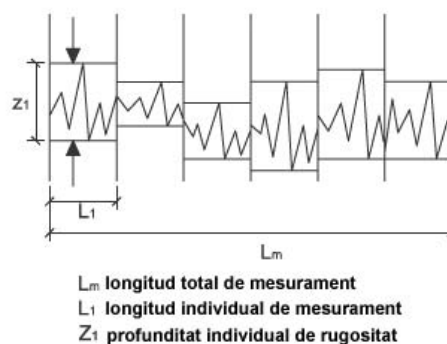


Figura 10.2 Marges amb oxitalls. Profunditat de les estries

### 10.8.3.2 Processos en què es poden produir dureses locals

- 1 La capacitat del procés s'ha de comprovar produint quatre mostres a partir dels assajos de procediment, abraçant la gamma de materials utilitzats en què sigui més fàcil que es produeixi enduriment local. Sobre cada mostra s'han de fer quatre assajos de duresa local d'acord amb l'UNE-EN-ISO 6507 a les zones més afectades; el pitjor valor obtingut no ha de passar de 380 HV 10.

### 10.8.3.3 Procés de perforació

- 1 La capacitat del procés s'ha de comprovar periòdicament produint vuit mostres a partir dels assajos del procediment que abracin tota la gamma de diàmetres de forats, gruixos i tipus de materials utilitzats. Les mides dels forats han de complir en els dos extrems la classe de tolerància H11 de l'UNE-EN-ISO 286-2:1988.

### 10.8.4 Soldadura

- 1 Qualsevol assaig no inclòs en aquest apartat ha de ser indicat en el plec de condicions.
- 2 La inspecció final per assajos no destructius s'ha de realitzar 16 hores després de la seva realització (40 hores en el cas de soldadures a topar en gruixos superiors a 40 mm.), i abans que pugui resultar inaccessible.
- 3 La realització de correccions en distorsions no conformes obliga a inspeccionar les soldadures situades en aquesta zona.
- 4 En el plec de condicions s'han d'incloure els criteris per a l'acceptació de les soldadures; les soldadures reparades han de complir els mateixos requisits que les originals.

#### 10.8.4.1 Abast de la inspecció

- 1 En el plec de condicions s'ha d'indicar si es realitzen o no assajos no destructius, els mètodes a utilitzar i la localització de les soldadures que s'inspeccionen, però s'ha de realitzar sempre una inspecció visual sobre tota la longitud de totes les soldadures, en què almenys s'ha de comprovar la seva presència i situació, la mida i la posició, s'han d'inspeccionar les superfícies i les formes i s'han de detectar defectes de superfície i esquitxades.
- 2 A les zones d'unió i fora de la unió en peces armades, les soldadures transversals (en xapes d'ànima i ala abans de l'armat o en angle en extrems d'unions amb cavalcament), s'han d'assajar les cinc primeres unions de cada tipus amb dimensions anàlogues, els mateixos materials i geometria de soldadura i en les quals s'utilitza el mateix procediment. Si aquestes cinc primeres compleixen els criteris d'acceptació, se n'ha d'assajar una en cinc unions de cada tipus.
- 3 En soldadures longitudinals, s'han d'assajar 0,5 m cada 10 m o part de totes les unions (incloent un en quatre extrems de soldadura).
- 4 En soldadura de lligat (corretges, enrigidors de vinclament, etc.) s'ha d'assajar un en vint punts de fixació.
- 5 En cas que apareguin més imperfeccions de les admeses, s'ha d'augmentar la freqüència dels assajos.
- 6 Una inspecció parcial exigeix una selecció de zones a assajar aleatòria, tenint en compte el tipus de nus, material i procediment de soldadura.

#### 10.8.4.2 Mètodes d'assajos no destructius

- 1 A més de la inspecció visual, es preveuen aquí els següents mètodes: inspecció per partícules magnètiques, assaig per líquids penetrants, assaig per ultrasons i assajos radiogràfics.
- 2 La inspecció per partícules magnètiques o si no és possible, els assajos per líquids penetrants es poden usar per a qualsevol gruix en unions amb penetració completa, soldadures en angle i amb penetració parcial.
- 3 Es poden emprar assajos per ultrasons per a unions a topar, en T, en creu i en cantonada, totes per penetració completa, quan el gruix en l'element de més gruix és superior a 10 mm. En les unions a topar amb penetració total es poden emprar assajos radiogràfics en lloc d'ultrasons si el gruix màxim és inferior a 30 mm, encara que amb alguna reserva amb relació a la detecció de defectes d'arrel quan se solda per un sol costat amb xapa de suport.

## Document bàsic SE-A Acer

- 4 Per a soldadures en angle i amb penetració parcial en unions en T, en creu i en cantonada, es poden utilitzar assajos per ultrasons quan el costat més curt del cordó de soldadura no sigui inferior a 20 mm. En aquestes soldadures es poden utilitzar assajos per ultrasons per comprovar l'esquinçament laminar.

**10.8.5 Unions mecàniques**

- 1 Totes les unions mecàniques, pretesades o sense pretesar després del collament inicial i les superfícies de fricció s'han de comprovar visualment. Després de la comprovació dels criteris d'acceptació, la unió s'ha de refer si la disconformitat prové del fet que s'excedeixen els criteris establerts per als gruixos de xapa; altres disconformitats es poden corregir, i s'han de tornar a inspeccionar després de la seva reparació.

**10.8.5.1 Inspeccions addicionals en unions amb cargols pretesats**

- 1 L'inspector ha de ser present com a mínim en la instal·lació del 10% dels elements de fixació, i ha de presenciar la retirada i reinstal·lació de tots els cargols als quals no s'hagi aplicat el mètode definit o si l'ajustament de l'indicador final de la pretensió no es troba dins dels límits especificats. Posteriorment ha d'inspeccionar el grup total dels cargols.
- 2 Quan s'hagi aplicat el mètode de control del parell de collament, s'ha de comprovar el 10% dels cargols (amb un mínim de dos), aplicant de nou una clau dinamomètrica capaç de donar una precisió del + 5%. Si qualsevol femella o cargol gira 15° per aplicació del parell d'inspecció, s'han d'assajar tots els cargols del grup.
- 3 Les no-conformitats s'han de corregir actuant sobre tots els cargols de grup no conforme, utilitzant la seqüència correcta i fins que tots aquests assoleixin el parell de collament correcte.

**10.8.5.2 Assaig de procediment**

- 1 Si no és possible realitzar assajos adequats dels elements de fixació ja instal·lats després de completar una unió, s'han d'inspeccionar els mètodes de treball. El plec de condicions ha d'especificar els requisits per als assajos de procediment sobre el pretesat de cargols.

**10.8.6 Tractament de protecció**

- 1 Si s'utilitza el procés de neteja per raig, s'ha de comprovar la idoneïtat del procés cada tres mesos, seleccionant almenys quatre punts que disten entre si 300 mm. Si el procés no resulta conforme, no s'ha d'utilitzar fins que no sigui corregit.
- 2 S'ha de realitzar una inspecció visual de la superfície per garantir que es compleixen els requisits del fabricant del recobriments. Les àrees que no resultin conformes s'han de tornar a preparar i han de ser avaluades de nou.

**10.8.6.1 Assaig sobre el gruix del recobriments**

- 1 S'ha de realitzar un assaig després de l'assecatge, amb controls de mostreig sobre almenys quatre llocs en el 10%, com a mínim, dels components tractats, usant un mètode d'UNE-EN-ISO 2808:2000. El gruix mitjà ha de ser superior al requerit i no hi ha d'haver més d'una lectura per component, inferior al gruix normal i sempre superior al 80% del nominal.
- 2 Els components no conformes s'han de tractar i assajar de nou i si apareixen moltes fallades s'ha d'utilitzar un assaig de pel·lícula humida fins que es millori el procés. En aquest assaig s'ha de realitzar el mateix control que en l'assaig de gruix després de l'assecatge. En aquest assaig totes les lectures de pel·lícula humida han d'excedir el gruix requerit per al gruix de la pel·lícula seca.
- 3 Les reparacions en els recobriments han de complir les instruccions del fabricant i han de ser comprovades visualment.

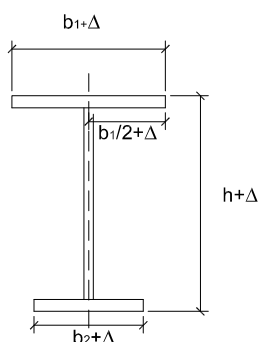


## 11 Toleràncies

### 11.1 Toleràncies de fabricació

- 1 En aquest capítol es defineixen tipus de desviacions geomètriques corresponents a estructures d'edificació i els valors màxims admissibles per a aquestes desviacions. En el plec de condicions s'han d'identificar els requisits de tolerància admesos en cas que siguin diferents dels que s'estableixen aquí.
- 2 En general, en incorporar un element a un component prefabricat s'hi han d'aplicar les desviacions corresponents al producte complet.

#### Perfils en doble T soldats



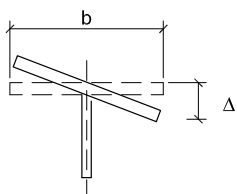
Altura del perfil:

- per a  $h \leq 900$  mm  $\Delta = \pm 3$  mm
- per a  $900 \text{ mm} < h \leq 1800$  mm  $\Delta = \pm 5$  mm
- per a  $h > 1800$  mm  $\Delta = +8$  mm -5 mm

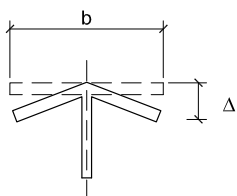
Amplada  $b_1$  o  $b_2$ :

- per a  $b_1 < 300$  mm  $\Delta = \pm 3$  mm
- per a  $b_1 \leq 300$  mm  $\Delta = \pm 5$  mm

Posició de l'ànima:  $\Delta = \pm 5$  mm



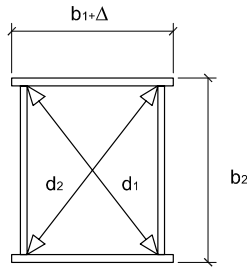
Falta de perpendicularitat:  $|\Delta| =$  el més gran de:  $\frac{b}{100}$  i 5 mm



Falta de planitud:  $|\Delta| =$  el més gran de:  $\frac{b}{100}$  i 3 mm

Nota: si la biga (d'ànima plena) s'ha d'utilitzar com a biga carril, l'ala o cap superior ha de tenir una desviació inferior a  $\pm 1$  mm sobre una amplada igual a l'amplada del carril +20 mm

### Seccions en calaix



Desviació  $\Delta$  en les amplades d'una xapa individual:

- per a  $b < 300$  mm  $\Delta = \pm 3$  mm

- per a  $b \geq 300$  mm  $\Delta = \pm 5$  mm

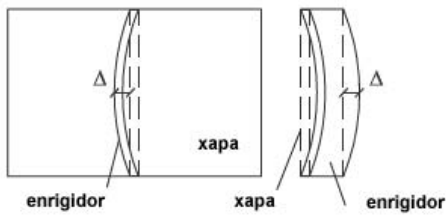
Diferència entre distàncies de diagonals nominalment similars:

$\Delta = (d_1 - d_2)$  amb  $d_1 \geq d_2$

$$|\Delta| = \text{el més gran de: } \left[ \begin{array}{l} \frac{d_1 + d_2}{400} \\ 5\text{mm} \end{array} \right]$$

Desviació  $\Delta$  de la rectitud en el pla de la xapa:

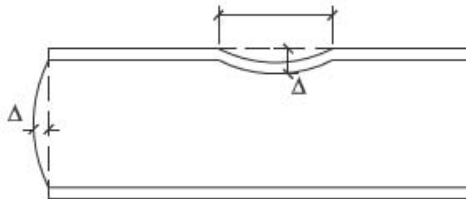
$$|\Delta| = \text{el més gran de: } \left[ \begin{array}{l} \frac{b}{250} \\ 3\text{mm} \end{array} \right]$$



Desviació  $\Delta$  de la rectitud normal al pla de la xapa:

$$|\Delta| = \text{el més gran de: } \left[ \begin{array}{l} \frac{b}{500} \\ 3\text{mm} \end{array} \right]$$

longitud de referència = b (amplada)

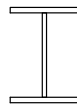
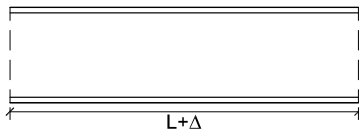


Distorsió  $\Delta$  en l'amplada de la xapa o longitud de referència:

$$|\Delta| = \text{el més gran de: } \left[ \begin{array}{l} \frac{b}{250} \\ 3\text{mm} \end{array} \right]$$

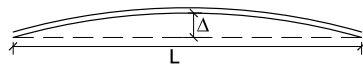
## Document bàsic SE-A Acer

## Components estructurals



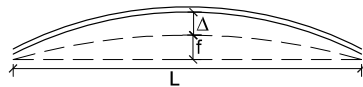
Longitud mesurada en l'eix central o en la cantonada d'un encontre entre xapes:

- longitud exacta:  $\Delta = \pm(2+L/5000)$  en mm
- components amb els dos extrems acabats per a suport de contacte total incloent xapes d'extrem, si és procedent:  $\Delta = \pm 1$  mm



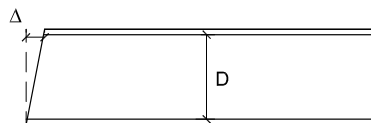
Planitud en els dos eixos:

$$|\Delta| = \text{el més gran de: } \left[ \begin{array}{l} \frac{L}{1000} \\ 3\text{mm} \end{array} \right]$$



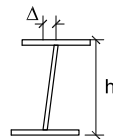
Contrafleixa  $f$  al mig de la longitud mesurada amb l'horitzontal de l'ànima:

$$|\Delta| = \text{el més gran de: } \left[ \begin{array}{l} \frac{L}{1000} \\ 6\text{mm} \end{array} \right]$$



Perpendicularitat a l'eix longitudinal:

- No acabat per a suport de contacte total:  $\Delta = \pm D/300$
- Acabat per a suport de contacte total:  $\Delta = \pm D/1000$



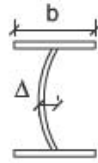
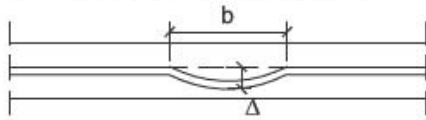
Verticalitat de l'ànima en els suports per a components sense enrigidors de suport:

$$|\Delta| = \text{el més gran de: } \left[ \begin{array}{l} \frac{h}{300} \\ 3\text{mm} \end{array} \right]$$

### Ànimes i enrigidors

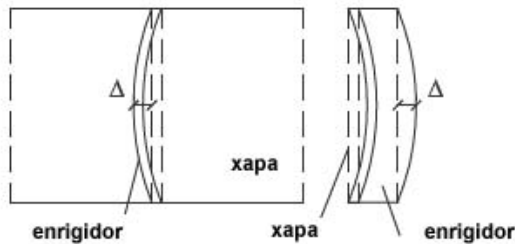
Les desviacions admeses per a la distorsió de l'ànima són aplicables també per a la distorsió de l'ala.

longitud de referència = cantell ànima



Distorsió  $\Delta$  en l'altura de l'ànima o en la longitud de referència:

$$|\Delta| = \text{el més gran de: } \frac{d}{150} \text{ i } 3 \text{ mm}$$

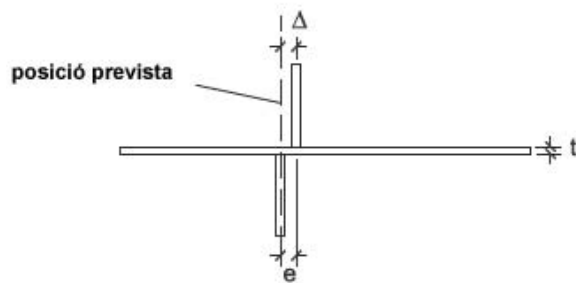


Desviació  $\Delta$  de la rectitud en el pla de l'ànima:

$$|\Delta| = \text{el més gran de: } \frac{d}{250} \text{ i } 3 \text{ mm}$$

Desviació  $\Delta$  de rectitud normal (perpendicular) al pla de l'ànima:

$$|\Delta| = \text{el més gran de: } \frac{d}{500} \text{ i } 3 \text{ mm}$$



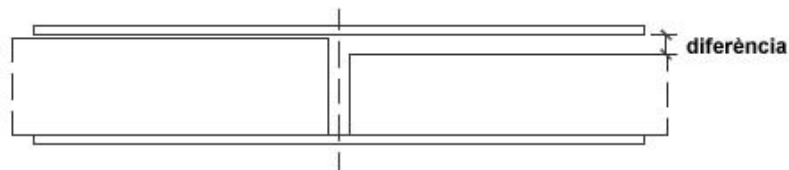
Desviació  $\Delta$  de la posició prevista:  $|\Delta| = \pm 3$  mm

Excentricitat  $e$  entre un parell d'enrigidors:  
 $e = t/2$

### Forats i entallaments, marges i gruix de xapa en unions collades

La desviació d'un eix central d'un forat individual de la seva posició prevista dins d'un grup de forats no ha de ser superior a 2 mm. Es pot rectificar un forat 0,5 mm, com a màxim, per ser alineat.

La diferència de gruix entre xapes que formen una sola capa no ha de ser superior a 2 mm en general o a 1 mm si s'usen cargols pretesats (vegeu la figura). Es poden incorporar per al seu compliment xapes de folro d'acer de gruix no superior a 2 mm.

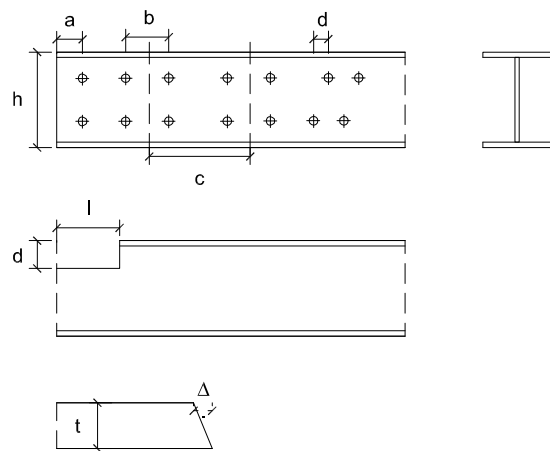


Mida dels forats en mm

Taula 11.1 Mida nominal de forats

Tipus de forat	M12	M14	M16 a M22	M24	M27 i superior
Rodó normal i en ranura (en amplada)	1	1	2	2	3
Rodó sobredimensionat	3	4	4	6	8
En ranura curts (en sentit longitudinal de la peça)	4	4	6	8	10

La longitud nominal dels forats en ranura no ha de ser superior a 2,5 vegades el diàmetre nominal del cargol



Desviació  $\Delta$  d'un grup de forats de la seva posició prevista:

- dimensió a:  $\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
- dimensió b:  $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
- dimensió c:  $\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
- dimensió d: quan  $h \leq 1000 \text{ mm}$   $\Delta = \pm 5 \text{ mm}$   
quan  $h > 1000 \text{ mm}$   $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$

Desviació  $\Delta$  de les dimensions principals de l'entallament:

- dimensió d:  $\Delta = \pm 2 \text{ mm} - 0 \text{ mm}$
- dimensió l:  $\Delta = \pm 2 \text{ mm} - 0 \text{ mm}$

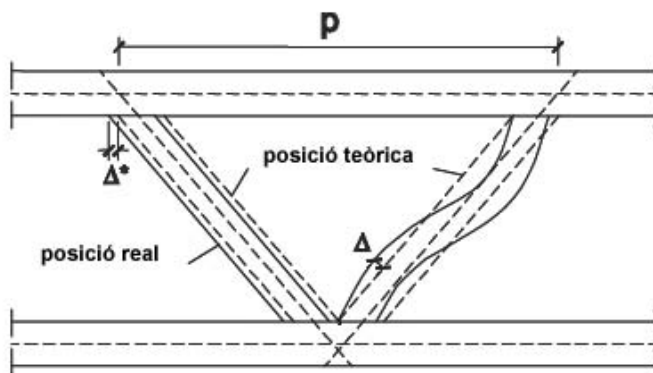
Desviació  $\Delta$  d'un marge tallat de la forma a 90°:  
 $\Delta = +0,1 t$

**Empalmaments i plaques d'assentament de pilars**

L'excentricitat no intencionada d'un pilar en un empalament o en una placa d'assentament no ha de superar el valor de 5 mm. Les desviacions admeses per a les plaques d'assentament s'apliquen també a les plaques de capitell.

**Components de gelosies**

Les desviacions dels components de gelosia fabricats no han d'excedir els valors que es donen a la figura



Desviacions per a l'excentricitat de nus en components de gelosia fabricats:

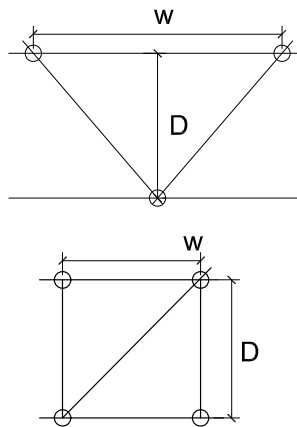
- dimensió del rectangle (panell) p:  $\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
- dimensió acumulada  $\sum p$ :  $\Delta = \pm 10 \text{ mm}$
- rectitud de la travada:

$$|\Delta| = \text{el més gran de: } \left[ \begin{array}{l} \frac{L}{500} \\ 6\text{mm} \end{array} \right]$$

Desviacions per a l'excentricitat de nus en components de gelosia fabricats:

- excentricitat en el nus:  $|\Delta^*| = B/20 + 5 \text{ mm}$
- B és la dimensió característica de la secció transversal de travada.

## Document bàsic SE-A Acer



Desviacions per a components de gèlosia fabricats de secció transversal total després de la soldadura:

D: altura (cantell)

W: amplada

X: diagonal

$D \leq 300$  mm:  $\Delta = \pm$

3 mm

$300 < D < 1000$  mm:  $\Delta = \pm$

5 mm

$D \geq 1000$  mm:  $\Delta = \pm$

10 mm

I anàlogament respecte a W i X substituint D

## Document bàsic SE-A Acer

**11.2 Toleràncies d'execució**

Descripció	Símbol	Tolerància	Figura	Observacions
Dimensions totals del conjunt de l'edifici	$\Delta l$	$\pm 20$ mm per a $l \leq 30$ m $\pm(20 + 0,25(l-30))$ mm per a $30 \text{ m} < l < 210$ m	11.1 11.2	Per a l'altura de l'edifici, substituir l per h
Nivell superior del pla del pis	$\Delta h_1$	$\pm 5$ mm	11.2	En el cas d'elements de forjat en què no hi hagi marge per a l'anivellament de les desviacions amb relació a l'altura nominal, pot ser adequat especificar $\Delta h_1 = +0$ mm / -10 mm
Desviació en inclinació dels pilars: a) entre forjats (distància $h_c$ ) b) màxima desviació de la directriu	$V_h$ $V_l$	$0,0035 h_l$ $0,0035 (\sum h_i) 3/(n+2)$	11.3	La tolerància màxima al pis "n" depèn de l'altura $h_i$ i del nombre n de pisos
Fletxa del pilar entre forjats consecutius (altura $h_c$ )	$f_0$	$0,015 h_l$	11.3	
Fletxa lateral d'una biga (llum $l_b$ )	$f$	$0,0015 l_b$ $\leq 40$ mm	11.4	En el cas de bigues que suportin lloses prefabricades de formigó, l'altura mínima de suport s'ha de respectar (vegeu també $\Delta l_b$ )
Excentricitat no intencionada del suport d'una biga	$e_0$	5 mm	11.5	
Distància entre pilars adjacents de qualsevol secció	$\Delta l_s$	$\pm 15$ mm	11.1	
Distància entre bigues adjacents de qualsevol secció	$\Delta l_t$	$\pm 20$ mm	11.2	
Bigues i pilars soldats: - fletxa local de l'ànima entre les ales superior i inferior - inclinació de l'ànima entre les ales - excentricitat de l'ànima amb relació al centre d'una de les ales	$f_w$ $v_w$ $v_{we}$	$h_w/150$ $h_w/75$ $b/40$	11.6	$h_w$ = altura de l'ànima $b$ = amplada de l'ala El valor $f_w$ es refereix a la deformació total de l'ànima Les deformacions locals no han de sobrepassar $f_w = 6$ mm en 1000 mm de longitud

## Document bàsic SE-A Acer

Descripció	Símbol	Tolerància	Figura	Observacions
Parts unides a una biga o un pilar	$e_1$	5 mm en qualsevol direcció	11.7	Exemple: tapajunts, plaques de base
Base d'un pilar amb relació a l'eix vertical que passa pel cap del pilar inferior	$e_2$	5 mm en qualsevol direcció	11.8	En geometries intencionalment inclinades, eix segons direcció de projecte
Tapajunts adjacents d'una biga	$e_1$	5 mm en qualsevol direcció	-	
Nivell de les superfícies de suport de les bigues	$\Delta h_c$	+ 0 mm - 10 mm	11.9	
Posició de les superfícies de suport als pilars	$e_3$	$\pm 5$ mm	11.9	
Falta de planitud de plaques en el cas de superfícies de contacte	-	1 mm sobre una longitud de 300 mm	-	
Fletxa de pilars o de bigues	$f$	0,001 $h_1$ o 0,001 $l_b$	11.3 11.4	
Longitud de components prefabricats a intercalar entre d'altres components	$\Delta l_b, \Delta l_c$	+ 0 - 5 mm	11.1 11.2	

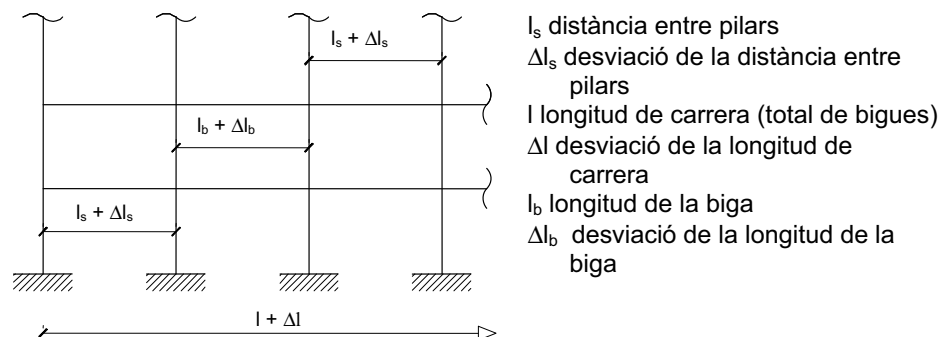


Figura 11.1

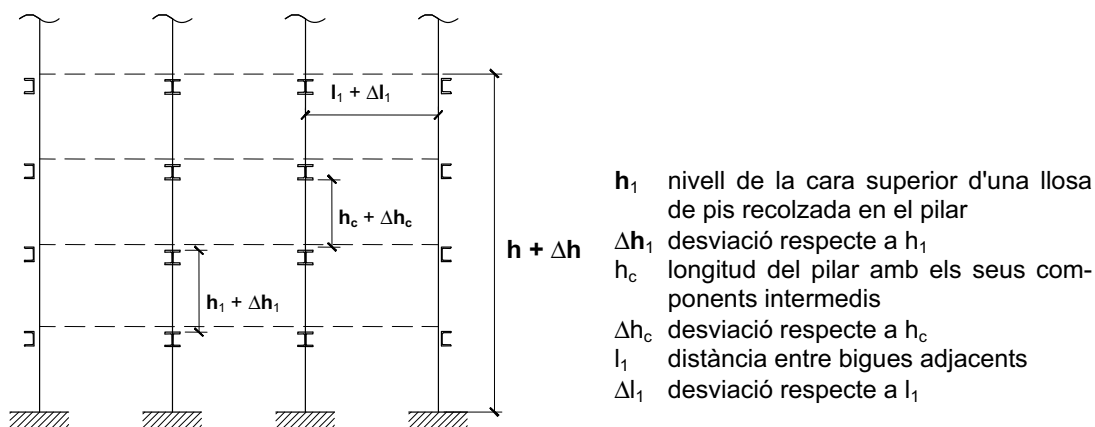


Figura 11.2



Document bàsic SE-A Acer

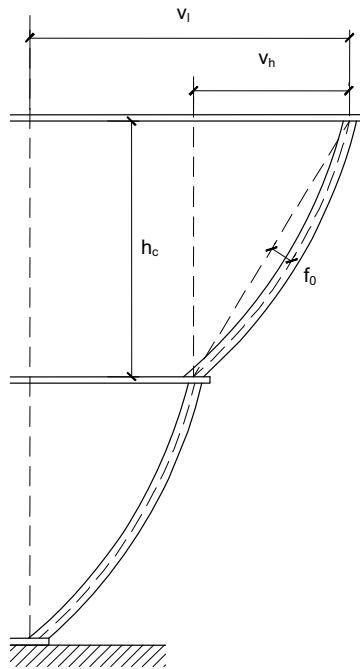


Figura 11.3

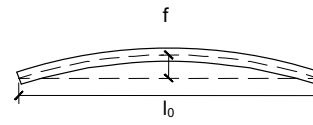


Figura 11.4

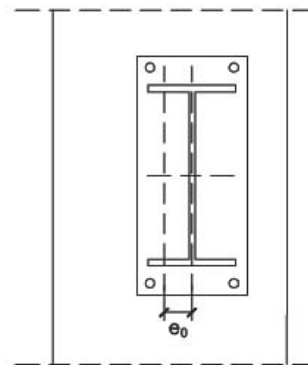
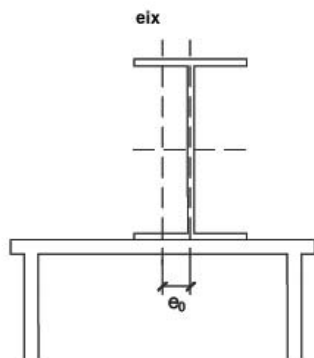


Figura 11.5

Document bàsic SE-A Acer

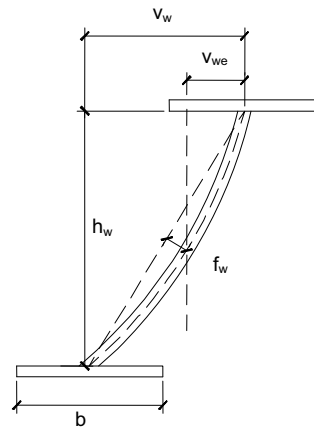


Figura 11.6

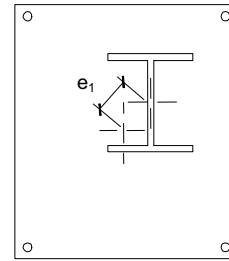


Figura 11.7

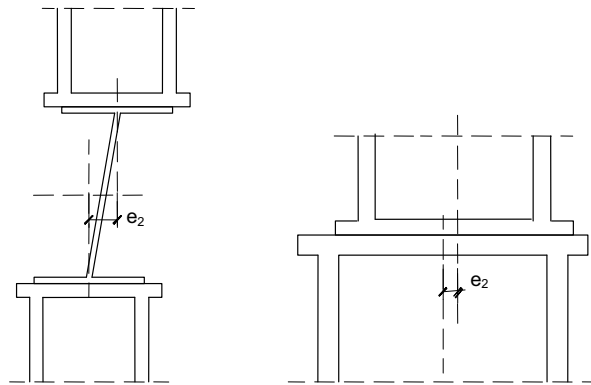


Figura 11.8

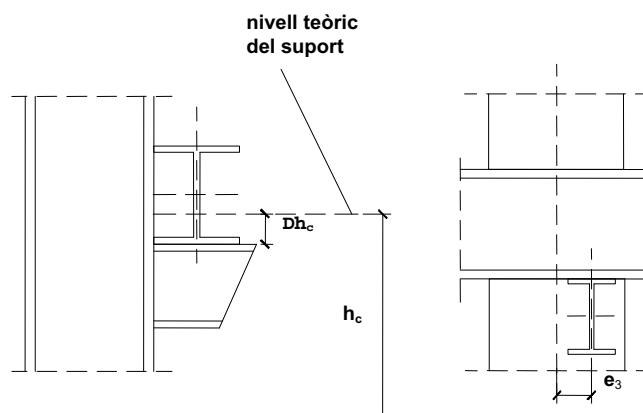


Figura 11.9

## 12 Control de qualitat

### 12.1 Generalitats

- 1 El contingut d'aquest apartat es refereix al control i l'execució d'obra per a la seva acceptació, amb independència del realitzat pel constructor.
- 2 Cadascuna de les activitats de control de qualitat que, amb caràcter de mínims, s'especifiquen en aquest DB, així com els resultats que se'n derivin, han de quedar registrades documentalment en la documentació final d'obra.

### 12.2 Control de qualitat de la documentació del projecte

- 1 Té per objecte comprovar que la documentació inclosa en el projecte defineix de forma precisa tant la solució estructural adoptada com la seva justificació i els requisits necessaris per a la construcció.

### 12.3 Control de qualitat dels materials

- 1 En el cas de materials coberts per un certificat expedit pel fabricant el control es pot limitar a l'establiment de la traça que permeti relacionar de forma inequívoca cada element de l'estructura amb el certificat d'origen que l'avalua.
- 2 Quan en la documentació del projecte s'especifiquin característiques no avalades pel certificat d'origen del material (per exemple, el valor màxim del límit elàstic en el cas de càlcul en capacitat), s'ha d'establir un procediment de control mitjançant assajos realitzats per un laboratori independent.
- 3 Quan s'utilitzin materials que pel seu caràcter singular no quedin coberts per una normativa nacional específica a la qual referir la certificació (volanderes deformables, cargols sense cap, connectadors, etc.) es poden utilitzar normatives o recomanacions de prestigi reconegut.

### 12.4 Control de qualitat de la fabricació

- 1 La qualitat de cada procés de fabricació es defineix a la documentació de taller i el seu control té per objectiu comprovar la seva coherència amb l'especificada a la documentació general del projecte (per exemple, que les toleràncies geomètriques de cada dimensió respecten les generals, que la preparació de cada superfície és adequada al tractament posterior o a la fricció suposada, etc.).
- 2 El control de qualitat de la fabricació té per objectiu assegurar que aquesta s'ajusta a l'especificada a la documentació de taller.

#### 12.4.1 Control de qualitat de la documentació de taller

- 1 La documentació de fabricació, elaborada pel taller, ha de ser revisada i aprovada per la direcció facultativa de l'obra. S'ha de comprovar que la documentació consta, almenys, dels documents següents:
  - a) Una memòria de fabricació que inclogui:
    - i) el càlcul de les toleràncies de fabricació de cada component, així com la seva coherència amb el sistema general de toleràncies, els procediments de tall, de doblegament, el moviment de les peces, etc.
    - ii) els procediment de soldadura que s'hagin d'utilitzar, la preparació de marges, els preescalfaments requerits, etc.

## Document bàsic SE-A Acer

- iii) el tractament de les superfícies, distingint entre les que han de formar part de les unions soldades, les que han de constituir les superfícies de contacte en unions collades per fricció o les destinades a rebre algun tractament de protecció.
- b) Els plans de taller per a cada element de l'estructura (biga, tram de pilar, tram de cordó de gelosia, element de triangulació, placa d'ancoratge, etc.) o per a cada component simple si l'element requereix diversos components simples, amb tota la informació precisa per a la seva fabricació i, en particular:
- i) El material de cada component.
  - ii) La identificació de perfils i altres productes.
  - iii) Les dimensions i les seves toleràncies.
  - iv) Els procediments de fabricació (tractaments tèrmics, mecanitzats, forma d'execució dels forats i dels acords, etc.) i les eines a utilitzar.
  - v) Les contrafletxes.
  - vi) En el cas d'unions collades, els tipus, les dimensions, la forma de collament dels cargols (especificant els paràmetres corresponents).
  - vii) En el cas d'unions soldades, les dimensions dels cordons, el tipus de preparació, l'ordre d'execució, etc.
- c) Un pla de punts d'inspecció on s'indiquin els procediments de control intern de producció desenvolupats pel fabricant, especificant els elements als quals s'aplica cada inspecció, el tipus (visual, mitjançant assajos no destructius, etc.) i el nivell, els mitjans d'inspecció, les decisions derivades de cadascun dels resultats possibles, etc.
- 2 Així mateix, s'ha de comprovar, amb especial atenció, la compatibilitat entre els diferents procediments de fabricació i entre aquests i els materials utilitzats.

**12.4.2 Control de qualitat de la fabricació**

- 1 Ha d'establir els mecanismes necessaris per comprovar que els mitjans utilitzats en cada procés són els adequats a la qualitat prescrita.
- 2 En concret, s'ha de comprovar que cada operació s'efectua en l'ordre i amb les eines especificades (especialment en el cas de les tasques de tall de xapes i perfils), que el personal encarregat de cada operació posseeix la qualificació adequada (especialment en el cas dels soldadors), que es manté el sistema de traçat adequat que permeti identificar l'origen de cada incompliment, etc.

**12.5 Control de qualitat del muntatge**

- 1 La qualitat de cada procés de muntatge es defineix en la documentació de muntatge i el seu control té per objectiu comprovar la seva coherència amb l'especificada a la documentació general del projecte.
- 2 El control de qualitat del muntatge té per objectiu assegurar que aquesta s'ajusta a l'especificada a la documentació de taller.

**12.5.1 Control de qualitat de la documentació de muntatge**

- 1 La documentació de muntatge, elaborada pel muntador, ha de ser revisada i aprovada per la direcció facultativa. S'ha de comprovar que la documentació consta, almenys, dels documents següents:
  - a) Una memòria de muntatge que inclogui:
    - i) el càlcul de les toleràncies de posició de cada component, la descripció de les ajudes al muntatge (casquets provisionals de suport, orelles d'hissada, elements de guiat, etc.), la definició de les unions en obra, els mitjans de protecció de soldadures, els procediments de collament de cargols, etc.

---

Document bàsic SE-A Acer

---

- ii) les comprovacions de seguretat durant el muntatge.
  - b) Uns plans de muntatge que indiquin de forma esquemàtica la posició i els moviments de les peces durant el muntatge, els mitjans d'hissada, els apuntaments provisionals i, en general, tota la informació necessària per al maneig correcte de les peces.
  - c) Un pla de punts d'inspecció que indiqui els procediments de control intern de producció desenvolupats pel muntador, especificant els elements als quals s'aplica cada inspecció, el tipus (visual, mitjançant assajos no destructius, etc.) i el nivell, els mitjans d'inspecció, les decisions derivades de cadascun dels resultats possibles, etc.
- 2 Així mateix, s'ha de comprovar que les toleràncies de posicionament de cada component són coherents amb el sistema general de toleràncies (en especial quant al replantejament de plaques base).

#### **12.5.2 Control de qualitat del muntatge**

- 1 Ha d'establir els mecanismes necessaris per comprovar que els mitjans utilitzats en cada procés són els adequats a la qualitat prescrita.
- 2 En concret, s'ha de comprovar que cada operació s'efectua en l'ordre i amb les eines especificades, que el personal encarregat de cada operació posseeix la qualificació adequada, que es manté el sistema de traçat adequat que permeti identificar l'origen de cada incompliment, etc.

## 13 Inspecció i manteniment

### 13.1 Inspecció

- 1 Les estructures convencionals d'edificació, situades en ambients normals i realitzades d'acord amb les prescripcions d'aquest DB i les del DB SI (Seguretat en cas d'incendi), no requereixen un nivell d'inspecció superior al que es deriva de les inspeccions tècniques rutinàries dels edificis. És recomanable que aquestes inspeccions es realitzin almenys cada 10 anys, llevat de la primera, que es pot desenvolupar en un termini superior.

En aquest tipus d'inspeccions s'ha de prestar una atenció especial a la identificació dels símptomes de danys estructurals, que normalment són de tipus dúctil i es manifesten en forma de danys dels elements inspeccionats (deformacions excessives que causen fissures en tancaments, per exemple). També s'han d'identificar les causes de danys potencials (humitats per filtració o condensació, actuacions inadequades d'ús, etc.).

És convenient que en la inspecció de l'edifici se'n realitzi una d'específica de l'estructura, destinada a la identificació de danys de caràcter fràgil com els que afecten seccions o unions (corrosió localitzada, lliscament no previst d'unions collades, etc.), danys que no es poden identificar a través dels seus efectes en altres elements no estructurals. És recomanable que aquest tipus d'inspeccions es realitzin almenys cada 20 anys.

- 2 Les estructures convencionals d'edificació industrial (naus, cobertes, etc.) resulten normalment accessibles per a la inspecció. Si l'estructura es troba en un ambient interior i no agressiu, no requereix inspeccions amb periodicitat superior a l'esmentada en l'apartat anterior.
- 3 No es preveu en aquest apartat la inspecció específica de les estructures sotmeses a accions que indueixin fatiga. En aquest cas s'ha de redactar un pla d'inspecció independent del general fins i tot en el cas d'adoptar el plantejament de vida segura en la comprovació a fatiga.  
Si en la comprovació a fatiga s'ha adoptat el criteri de tolerància al dany, el pla d'inspecció s'ha d'adequar en cada moment a les dades de càrrega disponibles, sense que en cap cas això justifiqui cap reducció del nivell d'inspecció previst.
- 4 Tampoc es preveu en aquest apartat la inspecció específica dels materials les propietats dels quals es modifiquin en el temps. És el cas dels acers amb resistència millorada a la corrosió, en els quals es justifica la inspecció periòdica de la capa protectora d'òxid, especialment mentre aquesta es forma.

### 13.2 Manteniment

- 1 El manteniment de l'estructura metàl·lica s'ha de fer extensiu als elements de protecció, especialment als de protecció davant d'incendi.
- 2 Les activitats de manteniment s'han d'ajustar als terminis de garantia declarats pels fabricants (de pintures, per exemple).
- 3 No es preveuen en aquest apartat les operacions de manteniment específiques dels edificis sotmesos a accions que indueixin fatiga. En aquest cas s'ha de redactar un pla de manteniment independent del general fins i tot en el cas d'adoptar el plantejament de vida segura en la comprovació a fatiga.
- 4 Si en la comprovació a fatiga s'ha adoptat el criteri de tolerància al dany, el pla de manteniment ha d'especificar el procediment per evitar la propagació de les fissures, així com el tipus de maquinària a utilitzar, l'acabat, etc.

## Annex A. Terminologia

- 1 Els termes utilitzats en aquest DB s'ajusten a les definicions contingudes en el DB SE.
- 2 Unió de força: la destinada a transmetre els esforços resultants de l'anàlisi global entre els diferents elements de l'estructura.
- 3 Unió de lligat: la que no es projecta amb aquesta finalitat, sinó amb la de mantenir units i en la seva posició inicial aquests elements.
- 4 Empalmament: unió de força entre peces en prolongació.
- 5 Dany de fatiga: en un element estructural és el degut a la iniciació i/o propagació de fissures provocades per la fluctuació repetida de tensions.
- 6 Control de qualitat: conjunt d'activitats que, desenvolupades al llarg de tot el procés de construcció, tenen com a objectiu comprovar que l'edifici compleix l'especificat en aquest DB (bé de forma directa, bé mitjançant referència a altres documents), així com el que conté el plec de condicions.

## Annex B. Notació i unitats

### B.1 Notació

#### 1 lletres majúscules llatines

A:	àrea
A:	valor d'acció accidental
E:	mòdul d'elasticitat
E:	efecte d'una acció (amb subíndexs)
F:	acció
G:	mòdul d'elasticitat transversal
G:	valor d'acció permanent
I:	moment d'inèrcia
L:	longitud, llum
M:	moment flector
N:	esforç axial
Q:	valor d'acció variable
R:	resistència (capacitat resistent) (amb subíndexs)
S:	acer (designació)
T:	moment torsor
S:	rigidesa
V:	esforç tallant
W:	mòdul resistent

#### 2 lletres minúscules llatines

a:	distància
a:	coll d'un cordó
b:	amplada (usualment d'una secció)
c:	amplada (usualment de l'ala d'una secció)
d:	diàmetre
d:	cantell (usualment d'ànima d'una secció)
e:	imperfecció geomètrica
e:	distància de cargol a marge de xapa
f:	fletxa
f:	resistència
f:	freqüència
h:	altura
h:	cantell (usualment d'una secció)
i:	radi de gir d'una secció



## Document Basic SE-A Acer

---

l:	longitud, llum
m:	distància de cargol a eix de ruptura
p:	pas, separació
q:	càrrega uniforme
s:	distància
t:	gruix
u:	desplaçament horitzontal d'una estructura o part d'aquesta
w:	desplaçament vertical d'una estructura o part d'aquesta
w:	fletxa, imperfecció geomètrica

## 3 lletres minúscules gregues

$\alpha$ :	relació
$\alpha$ :	coeficient de dilatació tèrmica
$\alpha$ :	factor d'imperfecció
$\gamma$ :	coeficient parcial (de seguretat)
$\gamma$ :	relació entre radi i gruix de tub
$\delta$ :	desplaçament
$\varepsilon$ :	deformació
$\varepsilon$ :	arrel de la relació de límit elàstic de referència al de l'acer utilitzat
$\lambda$ :	esveltesa
$\mu$ :	coeficient de fricció
$\nu$ :	coeficient de Poisson
$\rho$ :	factor de reducció
$\rho$ :	densitat
$\sigma$ :	tensió normal
$\tau$ :	tensió tangencial
$\phi$ :	angle
$\chi$ :	coeficient de reducció per vinclament (resistències)
$\Psi$ :	factor de reducció (accions)

## 4 subíndexs

b:	aplatament
b:	biga
b:	cargol
c:	pilar
cr:	valor crític
d:	valor de càlcul
E:	euler
E:	esforç, efecte de les accions

Document bàsic SE-A Acer

---

- e   eficaç  
ef: efectiu, eficaç  
el: elàstic  
eq: equivalent  
f:   ala  
ini: inicial  
k:   valor característic  
LT: vinclament lateral  
M:   material  
M:   relatiu al moment flector  
max: valor màxim  
min: valor mínim  
N:   relatiu a l'axial  
net: valor net  
p:   xapa  
pl: plàstic  
R:   resistència  
U:   última (resistència)  
w:   ànima  
y:   relatiu al límit elàstic
- 5   Amb independència de la notació específica a utilitzar en cada apartat, en aquest DB s'utilitza la notació indicada a la figura B.1.
- 6   En el cas de les unions entre perfils buits s'utilitzen els termes addicionals descrits a la figura B.2. En particular:
- a)   Separació (g):  
        la distància, mesurada al llarg de la cara del cordó, entre els cordons de les barres d'ànima (figura B.2.a).
- b)   Cavalcament o recobriment ( $\lambda_{ov}$ ):  
        el valor (q/p) (usualment mesurat en tant per cent) (figura B.2.b).
- 7   En el cas de les bigues de gelosia s'utilitzen els termes addicionals descrits a la figura B.3.

Document Basic SE-A Acer

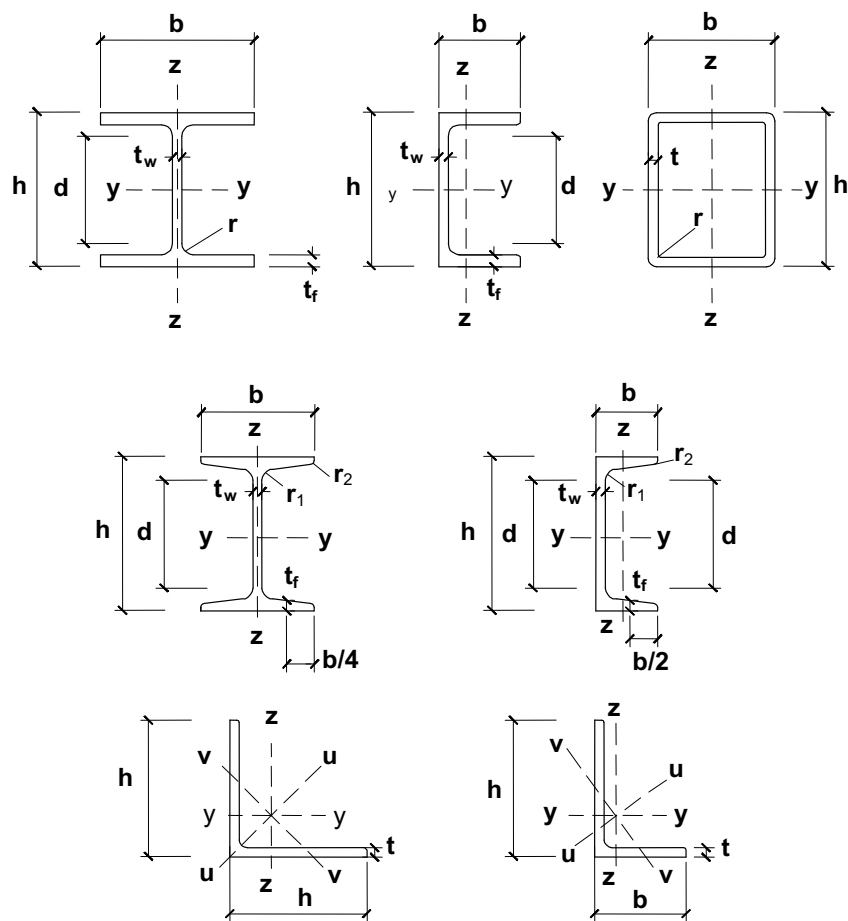
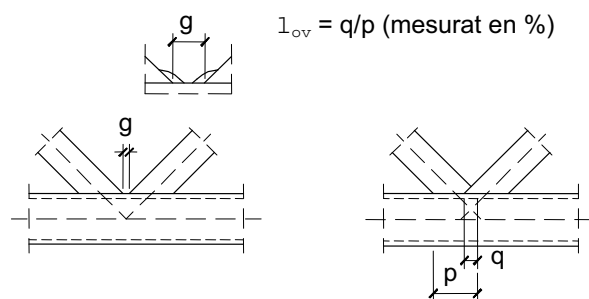


Figura B.1 Dimensions i eixos de les seccions



- a) definició de la separació
- b) definició del recobriment (cavalcament)

Figura B.2 Separació i recobriment dels nusos

## Document bàsic SE-A Acer

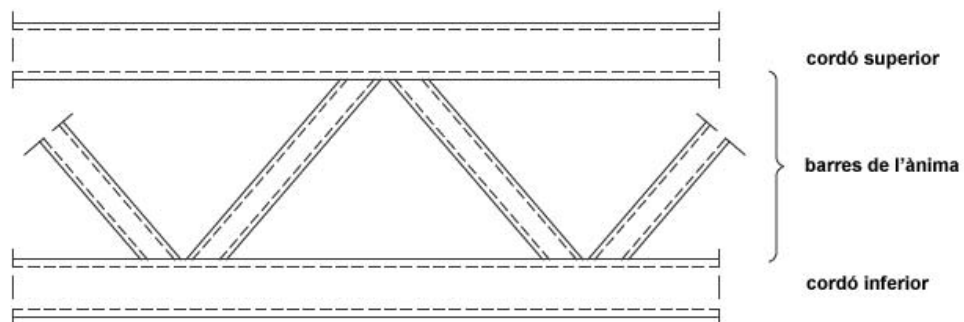


Figura B.3 Bigues de gelosia

**B.2 Unitats**

- 1 Moltes fórmules i relacions expressades en aquest DB tenen caràcter adimensional.
- 7 S'utilitza el sistema internacional d'unitats de mesura, SI.
- 8 Per als càlculs es recomana l'ús de les unitats següents:
  - forces i càrregues: kN, kN/m, kN/m<sup>2</sup>
  - massa: kg
  - longitud: m, mm
  - tensions: N/mm<sup>2</sup>
  - moments: kN · m
- 9 A efectes pràctics es pot considerar la correspondència següent entre les unitats de força dels sistemes MKS i SI: 1 quilopond [1 kp] = 10 newton [10 N].

## Annex C. Fatiga. Mètode de les corbes S-N

### C.1 Generalitats

- 1 El mètode de les corbes S-N que es presenta està basat en assajos de fatiga sobre provetes a gran escala que inclouen els efectes geomètrics i d'imperficcions estructurals degudes a la fabricació i el muntatge de l'estructura (per exemple, les tensions residuals de soldadura en els cordons realitzats d'acord amb la bona pràctica).

### C.2 Símbols

- 1 A més dels esmentats a l'annex A, en aquest annex s'utilitzen els símbols específics següents:
 

$\Delta\sigma$	carrera nominal de tensions normals
$\Delta\tau$	carrera nominal de tensions tangencials
$\Delta\sigma_E; \Delta\tau_E$	carreres de tensió d'amplitud constant equivalent corresponent al nombre màxim de cicles $n_{\max}$
$\Delta\sigma_{E,2}; \Delta\tau_{E,2}$	carreres de tensió d'amplitud constant equivalent corresponent a 2 milions de cicles
$\Delta\sigma_C; \Delta\tau_C$	resistència a la fatiga per a $N_C = 2$ milions de cicles
$\Delta\sigma_D; \Delta\tau_D$	límit de fatiga per a carreres de tensió d'amplitud constant
$\Delta\sigma_L; \Delta\tau_L$	límit de truncament per a carreres de tensió a un nombre de cicles $N_L$
$\Delta\sigma_{C, red}$	valor de referència reduït per a la resistència a fatiga
$\gamma_{Ff}$	factor parcial per a les carreres de tensió d'amplitud constant equivalent $\Delta\sigma_E; \Delta\tau_E$
$\gamma_{Mf}$	factor parcial per a la resistència a la fatiga $\Delta\sigma_C; \Delta\tau_C$
$m$	pendent de la corba de resistència a la fatiga
$\lambda_i$	factors de dany equivalent

### C.3 Comprovació de la fatiga

- 1 S'ha de comprovar que, per a la càrrega de fatiga:

$$\frac{\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} \leq 1 \quad (C.1)$$

$$\frac{\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_C / \gamma_{Mf}} \leq 1 \quad (C.2)$$

i, en cas de tensions combinades:

$$\left( \frac{\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} \right)^3 + \left( \frac{\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_C / \gamma_{Mf}} \right)^5 \leq 1 \quad (C.3)$$

- 2 Les carreres de tensió degudes a les càrregues freqüents  $\psi_l Q_k$  es limiten a:

$$\begin{aligned} \Delta\sigma &\leq 1,5f_y \\ \Delta\tau &\leq 1,5 \frac{f_y}{\sqrt{3}} \end{aligned} \quad (C.4)$$

## Document bàsic SE-A Acer

- 3 Les tensions nominals es calculen en règim lineal i, com a l'estat límit de servei, usant les propietats de la secció bruta.
- 4 En bigues en gelosia es pot utilitzar un model de barres articulades si els efectes de segon ordre en els nusos es tenen en compte mitjançant factors k aplicats a les tensions nominals segons les taules següents:

**Taula C.1 Coeficients  $k_1$  per tenir en compte els moments en unions de bigues en gelosia de tubs circulars buits**

Tipus d'unió		Cordons	Muntants	Diagonals
Junttes amb folgança	Tipus K	1,5	1,0	1,3
	Tipus N / Tipus KT	1,5	1,8	1,4
Junttes amb cavalcament	Tipus K	1,5	1,0	1,2
	Tipus N / Tipus KT	1,5	1,65	1,25

**Taula C.2 Coeficients  $k_1$  per tenir en compte els moments en unions de bigues en gelosia de tubs rectangulars buits**

Tipus d'unió		Cordons	Muntants	Diagonals
Junttes amb folgança	Tipus K	1,5	1,0	1,5
	Tipus N / Tipus KT	1,5	2,2	1,6
Junttes amb cavalcament	Tipus K	1,5	1,0	1,3
	Tipus N / Tipus KT	1,5	2,0	1,4

- 5 Es distingeixen dos conceptes de fiabilitat: tolerància al dany i vida segura. El primer cas pressuposa la inspecció i el manteniment de l'estructura per tal de detectar el progrés de les fissures i reparar-les en cas que sigui necessari. S'aplica a situacions en què en cas de dany per fatiga es pugui produir una redistribució de tensions entre components o peces de l'estructura. El plantejament de vida segura no requereix la inspecció ni el manteniment regulars i és aplicable quan la formació de fissures locals en uns elements pot conduir ràpidament a la fallada de l'estructura.

### C.3.1 Factors parcials de seguretat per a la resistència a la fatiga

- 1 Els valors de  $\gamma_{Mf}$  es prenen de la taula C.3.

**Taula C.3 Factors parcials**

Concepte de fiabilitat	Conseqüències de la fallada	
	Lleugeres	Greus
<b>Tolerància del dany</b>	1,00	1,15
<b>Vida segura</b>	1,15	1,35

### C.3.2 Càlcul de les carreres de tensions

- 1 Per als detalls típics s'utilitza el càlcul en tensions nominals, definides com les que es produeixen en el material de base d'acord amb la teoria elàstica, excloent tots els efectes de concentració de tensions.

## Document bàsic SE-A Acer

- 2 El valor de càlcul de la carrera de tensions nominals es calcula mitjançant:

$$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} = \lambda_1 \lambda_2 \cdots \lambda_n \Delta\sigma (\gamma_{Ff} Q_k) \quad (C.5)$$

$$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} = \lambda_1 \lambda_2 \cdots \lambda_n \Delta\tau (\gamma_{Ff} Q_k)$$

on:

$\Delta\sigma (\gamma_{Ff} Q_k), \Delta\tau (\gamma_{Ff} Q_k)$  és la carrera de tensions causada per les càrregues de fatiga especificades per a l'edifici en concret i incloses en la seva acta d'utilització (segons DB SE). L'especificació de les càrregues esmentades inclou en els seus valors per al càlcul el coeficient parcial de seguretat  $\gamma_{Ff}$ ;

$\lambda_i$  són els factors de dany equivalent que depenen de l'espectre de càlcul.

- 3 Per a unions de perfils buits mitjançant soldadura s'utilitza el càlcul en tensions geomètriques, definides com les tensions principals màximes en el material base adjacent a l'arrel de la soldadura, tenint en compte els efectes de concentració de tensions degudes a la geometria particular del detall en estudi. En aquest cas, el valor de la carrera nominal modificada és:

$$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} = k_1 (\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}^*) \quad (C.6)$$

on:

$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}^*$  és el valor de la carrera de tensions calculada amb un model simplificat de nusos articulats;

$k_1$  és el factor d'amplificació donat a les taules anteriors.

- 4 En els detalls que no inclouen soldadures o quan aquestes han estat sotmeses a un tractament d'alleugeriment de tensions, es pot considerar una carrera efectiva de tensió formada per la part de tracció de la real i únicament el 60% de la de compressió.
- 5 L'efecte escala per a gruixos superiors a 25 mm del material base en què es pot iniciar i propagar una fissura s'ha de considerar en els casos indicats a les taules de categories de detall. La resistència a la fatiga és donada per:

$$\Delta\sigma_{C,red} = k_s \Delta\sigma_C \quad (C.7)$$

on:

$\Delta\sigma_C$  és el valor donat com a categoria de detall a les taules esmentades;  $k_s$ , el coeficient minoraador de la resistència a fatiga per efecte escala, per a gruixos superiors a 25 mm, indicat en aquestes.

### C.3.3 Resistència a la fatiga

- 1 La resistència a la fatiga en tensions nominals es defineix mitjançant les corbes S-N de les figures C.1 i C.2 que s'apliquen a cada categoria del detall. Aquesta es designa mitjançant un número que representa en  $N/mm^2$  els valors de referència  $\Delta\sigma_C$  o  $\Delta\tau_C$  per a la resistència a fatiga a dos milions de cicles.

Les corbes de les figures C.1 i C.2 es defineixen per a tensions nominals d'amplitud constant mitjançant les expressions:

$$\Delta\sigma_R^m N_R = \Delta\sigma_C^m 2 \cdot 10^6 \text{ amb } m=3 \text{ per a } N \leq 5 \cdot 10^6 \text{ (figura C.1)} \quad (C.8)$$

$$\Delta\tau_R^m N_R = \Delta\tau_C^m 2 \cdot 10^6 \text{ amb } m=5 \text{ per a } N \leq 10^8 \text{ (figura C.2)} \quad (C.9)$$

on:

$$\Delta\sigma_D = \left[ \frac{2}{5} \right]^{1/m} \Delta\sigma_C \text{ és el límit de fatiga d'amplitud constant (figura C.1)} \quad (C.10)$$

$$\Delta\tau_L = \left[ \frac{2}{100} \right]^{1/m} \Delta\tau_C \text{ és el límit de truncament (figura C.2)} \quad (C.11)$$

Per a l'espectre de tensions nominals amb carreres de tensió per damunt i per sota del límit de fatiga d'amplitud constant, el dany de fatiga es representa mitjançant les corbes prolongades:

$$\Delta\sigma_R^m N_R = \Delta\sigma_C^m 2 \cdot 10^6 \text{ amb } m=3 \text{ per a } N \leq 5 \cdot 10^6 \tag{C.12}$$

$$\Delta\sigma_R^m N_R = \Delta\sigma_D^m 5 \cdot 10^6 \text{ amb } m=5 \text{ per a } 5 \cdot 10^6 \leq N \leq 10^8 \tag{C.13}$$

on:

$$\Delta\sigma_L = \left[ \frac{5}{100} \right]^{1/m} \Delta\sigma_D \text{ és el límit de truncament (figura C.1)} \tag{C.14}$$

2 Les categories de resistència a la fatiga  $\Delta\sigma_C$  o  $\Delta\tau_C$  es troben a les taules:

Taula	Detall
Taula C.4	Detalls sense soldadures
Taula C.5	Seccions armades mitjançant soldadura
Taula C.6	Soldadures a topar transversals
Taula C.7	Soldadures i enrigidors soldats
Taula C.8	Unions soldades
Taula C.9	Unió ala superior-ànima en bigues carril
Taula C.8	Unions de perfils buits
Taula C.9	Unions de bigues de gelosia

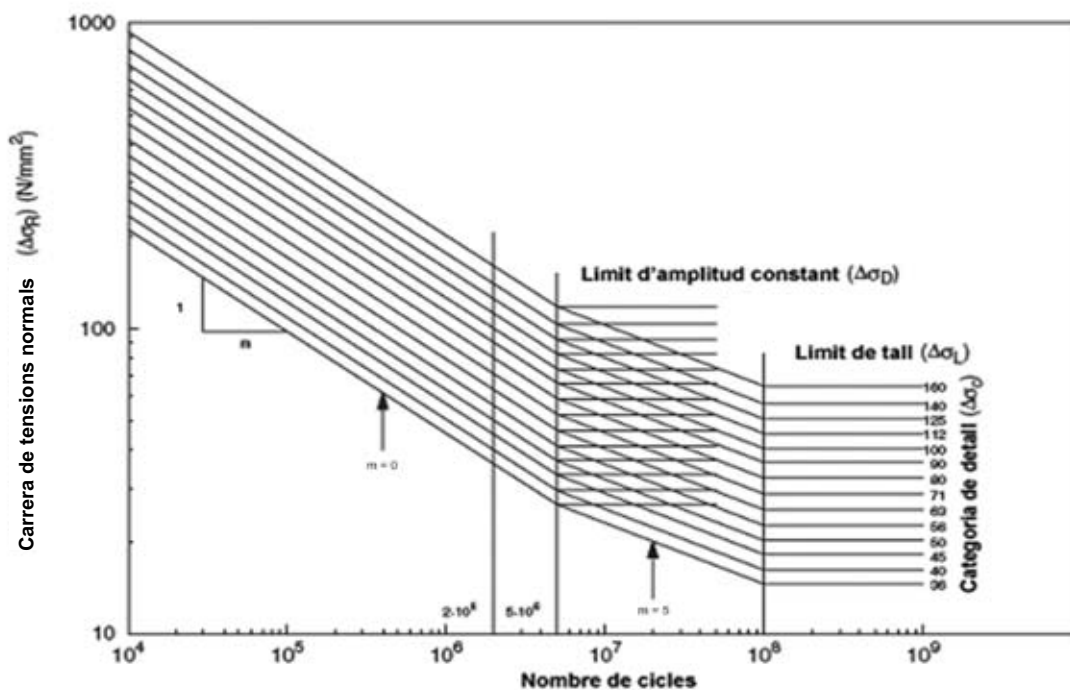


Figura C.1 Corbes de resistència a la fatiga per a rangs de tensions normals



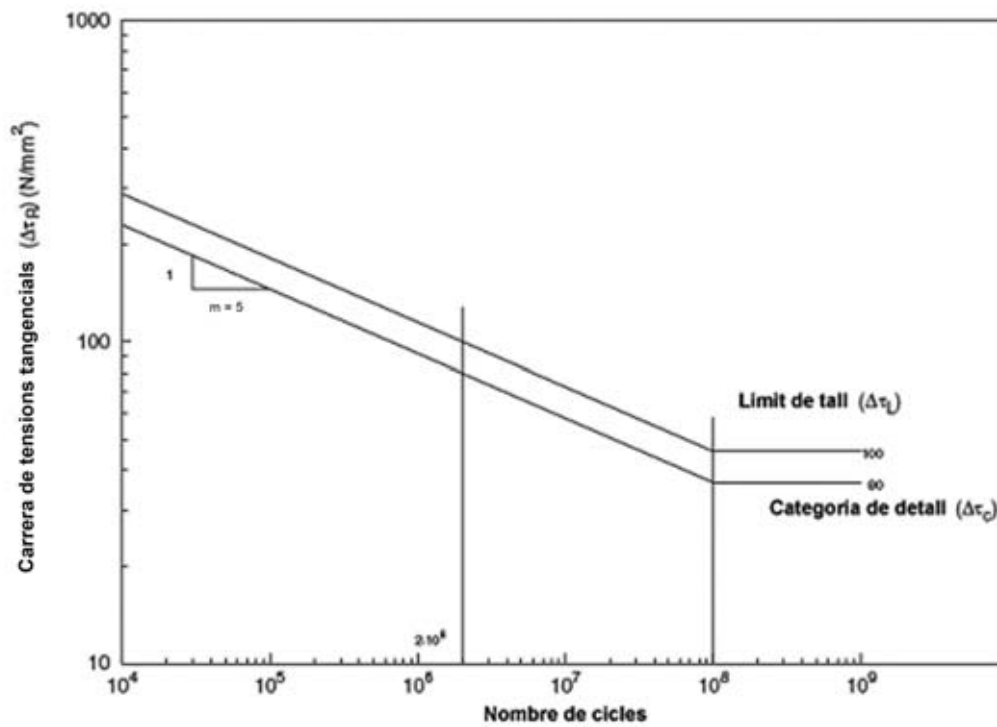


Figura C.2 Corbes de resistència a la fatiga per a rangs de tensions tangencials

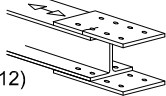
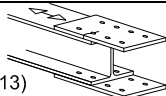
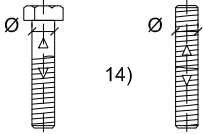
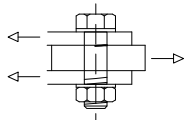
- 2 La classificació dels detalls ha estat establerta en funció de les tensions en les direccions indicades a les taules per les fletxes, tant sobre la secció, quan les fissures es poden produir en el material base, com les calculades en els cordons de soldadura quan la ruptura s'hi pot produir.

Document bàsic SE-A Acer

Taula C.4 Detalls sense soldadures

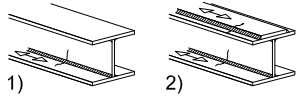
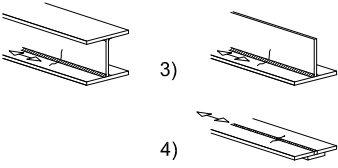
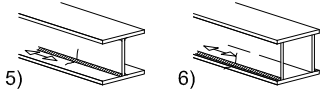
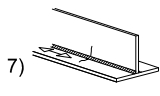
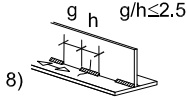
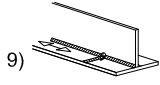
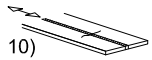
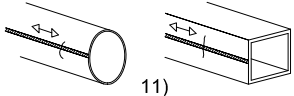
Categoria del detall	Detalls constructius	Descripció	Requisits
160	<p>Nota: la corba de resistència a la fatiga corresponent a la categoria 160 és la més alta. Cap detall pot assolir una resistència a la fatiga superior per a cap nombre de cicles</p> <p>1) 2) 3)</p>	<p>Productes laminats i extrudits:                      1/ Plaques i plans                      2/ Perfils laminats                      3/ Seccions buides circulars o rectangulars sense soldadura</p>	<p>Detalls 1) a 3):                      Els talls vius, les fissures superficials i de laminació s'han de tractar mitjançant esmolada fins a eliminar-los i deixar acords suaus</p>
140	<p>4)</p>	<p>Plaques cisallades o amb oxitall:                      4/ Material tallat amb gas o amb cisalla amb repassada posterior                      5/ Material amb marges tallats amb gas que presentin línies d'arrossegament somes i regulars o material tallat amb màquina de gas amb eliminació posterior de les marques de marge. Tall amb gas amb qualitat d'acord amb l'EN 1090</p>	<p>4) S'han d'eliminar tots els signes visibles de discontinuïtats de marge.                      Les àrees amb oxitall han de ser esmerilades o rectificades fins a eliminar totes les marques.                      Qualsevol marca de mecanitzat provocat, per exemple, per l'esmolada només pot ser paral·lela a les direccions de càrrega.                      Detalls 4) i 5)                      Els angles entrants s'han de suavitzar mitjançant esmolada (pendent <math>\leq 1/4</math>) o avaluades mitjançant els factors de concentració de tensions adequats.                      No s'admeten les reparacions mitjançant reblliment amb soldadura.</p>
125	<p>5)</p>		
100 m=5	<p>6) 7)</p>	<p>6) i 7)                      Productes laminats i extrudits com en els detalls 1), 2) i 3)</p>	<p>Detalls 6) i 7)  <math>\Delta\tau</math> calculat mitjançant:  <math display="block">\tau = \frac{VS(t)}{I_t}</math></p>
<p>Quan en els detalls 1-5 s'utilitzin acers amb resistència millorada a la corrosió s'ha d'emprar la categoria següent inferior</p>			
112	<p>8)</p>	<p>8/ Junta simètrica amb doble platabanda amb cargols pretesats d'alta resistència</p>	
	<p>9)</p>	<p>9/ Junta simètrica amb doble platabanda i cargols calibrats                      9/ Junta simètrica amb doble platabanda i cargols d'injecció sense pretesar</p>	<p>9/ <math>\Delta\tau</math> calculat sobre la secció neta</p>
90	<p>10)</p>	<p>10/ Unió mitjançant una platabanda mitjançant cargols pretesats d'alta resistència                      10/ Unió mitjançant una platabanda amb cargols pretesats d'injecció</p>	<p>10/ <math>\Delta\tau</math> calculat sobre la secció bruta</p>
	<p>11)</p>	<p>11/ Peça amb forats sotmesa a flexió i axial</p>	<p>11/ <math>\Delta\tau</math> calculat sobre la secció neta</p>

Document bàsic SE-A Acer

<p>80</p>  <p>12)</p>	<p>12/ Unió mitjançant una platabanda amb cargols calibrats 12/ Unió mitjançant una platabanda amb cargols d'injecció sense pretesar</p>	<p>12/ <math>\Delta\sigma</math> calculat sobre la secció neta</p>
<p>50</p>  <p>13)</p>		<p>13/ <math>\Delta\sigma</math> calculat sobre la secció neta</p>
<p>50</p> <p>Efecte d'escala</p> <p><math>\phi &gt; 30 \text{ mm}</math></p> $k_s = \left(\frac{30}{\phi}\right)^{1/4}$	 <p>14)</p>	<p>14/ Cargols i barres en tracció amb rosca laminada o roscada</p> <p>Per a diàmetres grans (cargols d'ancoratge) s'ha de considerar el factor d'escala</p> <p>14/ <math>\Delta\sigma</math> es calcula usant l'àrea a tracció del cargol. S'han de considerar les flexions i traccions resultants de l'apalancament o d'altres fonts. En cargols pretesats s'ha de considerar la reducció de la carrera de tensió.</p>
<p>100 m=5</p> <p>15)</p> 		<p>Cargols a tall simple o doble Amb la rosca fora del pla de tall</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cargols calibrats</li> <li>- Cargols normals sense inversions de càrrega (cargols de classe 5,6, 8,8 o 10,9)</li> </ul> <p>15/ <math>\Delta\tau</math> es calcula per a l'àrea resistent. S'ha de tenir en compte les càrregues i flexions addicionals degudes a l'efecte palanca, així com l'efecte (favorable) del pretesat.</p>

## Document bàsic SE-A Acer

Taula C.5 Seccions armades soldades

Categoria del detall	Detall constructiu	Descripció	Requisits
125		Cordons longitudinals continus Cordons a topar automàtics pels dos costats Cordons en angle automàtics. Els extrems de les platabandes s'han de comprovar usant els detalls 5) o 6) de la taula C,6	Detalls 1) i 2) No es permet cap interrupció del cordó excepte si el repara un especialista i s'inspecciona la reparació
112		Cordons automàtics a topar o en angle fets des dels dos costats però amb interrupcions en la soldadura Cordons a topar automàtics fets des d'un sol costat amb una xapa dorsal contínua sense interrupcions en la soldadura	4) Si en aquest detall es produeixen interrupcions en la soldadura s'ha d'utilitzar la classe 100
100		Cordons manuals a topar o en angle Cordons a topar manuals o automàtics fets des d'un sol costat en bigues de caixó	6) És essencial un ajustament perfecte entre les xapes d'ala i ànima. El marge de l'ànima s'ha de preparar de manera que s'aconsegueixi penetració regular en l'arrel sense interrupcions
100		7) Cordons a topar o en angle, executats automàticament o manualment (detalls 1 a 6) i reparats	7) La categoria original es pot recuperar si un especialista fa una esmolada per eliminar els defectes visibles i si es porta un control adequat
80		8) Cordons en angle longitudinals intermitents	8) $\Delta\sigma$ calculat a partir de les tensions normals en l'ala
71		9) Cordons longitudinals a topar i en angle, continus o intermitents amb groeres de diàmetre no superior a 60 mm	9) $\Delta\sigma$ calculat a partir de les tensions normals en l'ala
125		10) Cordons a topar longitudinals amb els dos costats rectificats en paral·lel a la direcció de càrrega, 100% END	
112		10) Sense esmolada ni interrupcions	
90		10) Amb interrupcions	
140		11) Costura longitudinal amb soldadura automàtica sense interrupcions en seccions buides	11) Lliure de defectes fora de les toleràncies d'EN <sub>yyy</sub> <sup>2</sup> Gruix de paret $t \leq 12,5$ mm
125		11) Costura longitudinal amb soldadura automàtica sense interrupcions en seccions buides	11) Gruix de paret $t > 12,5$ mm
90		11) Amb posicions d'arrencada/parada	

Per als detalls 1 a 11 repassats mitjançant mecanitzat es poden aplicar les categories corresponents a soldadura automàtica.

Document bàsic SE-A Acer

Taula C.6 Soldadures a topar transversals (de força)

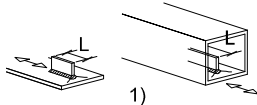
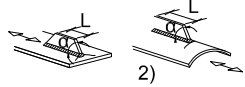
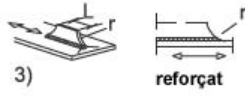
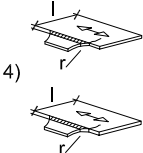
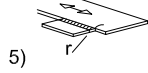
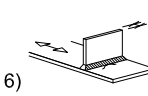
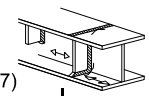
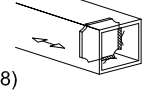
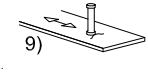
Categoria del detall	Detall constructiu	Descripció	Requisits
112		<p>Sense xapa dorsal Empalmaments de xapes Empalmaments d'ala i ànima en bigues armades soldats abans de l'acoblament Cordons a topar de secció completa en perfils laminats sense groeres Empalmaments en xapes d'amplada o cantell variable amb pendents <math>\leq 1/4</math></p>	<p>Tots els cordons enrasats en la direcció de la fletxa Xapes de vessament eliminades després del seu ús, marges de plaques rectificats en direcció de les tensions Soldades des dels dos costats; comprovades mitjançant END. Detall 3: Seccions laminades amb les mateixes dimensions sense diferències de tolerància</p>
90		<p>Empalmaments de xapes Cordons a topar de penetració total en perfils laminats sense groeres Empalmaments transversals en xapes d'amplada o cantell variable amb pendents <math>\leq 1/4</math></p>	<p>L'altura del sobreessessor del cordó no ha de superar el 10% de la seva amplada, amb transició suau a la superfície de la placa Xapes de vessament eliminades després del seu ús; marges de plaques rectificats en direcció de les tensions. Soldat des dels dos costats; comprovats amb END Detalls 5 i 7 Soldadures fetes en posició plana</p>
90		<p>Cordons a topar de penetració total de perfils laminats amb groeres</p>	<p>Tots els cordons enrasats en la direcció de la fletxa Xapes de vessament eliminades després del seu ús; marges de plaques rectificats en direcció de les tensions Soldades des dels dos costats; comprovades mitjançant END Seccions laminades amb les mateixes dimensions sense diferències de tolerància</p>
80		<p>Empalmaments transversals en bigues armades soldades sense groeres Cordons a topar en secció completa de perfils laminats amb groeres Empalmaments transversals en xapes, seccions laminades o bigues armades</p>	<p>L'altura del sobreessessor del cordó no ha de superar el 10% de la seva amplada, amb transició suau a la superfície de la placa Soldadura no aïllada Xapes de vessament eliminades després del seu ús; marges de plaques rectificats en direcció de les tensions Soldades des dels dos costats; comprovades mitjançant END Detall 10 L'altura del sobreessessor del cordó no superior al 10% de la seva amplada, amb transició suau a la superfície de la placa</p>
63		<p>12) Soldadura a topar en secció completa de perfils laminats sense groeres</p>	<p>Xapes de vessament eliminades després del seu ús; marges de plaques rectificats en direcció de les tensions. Soldades des dels dos costats</p>

## Document bàsic SE-A Acer

Categoria del detall	Detall constructiu	Descripció	Requisits
36		13) Cordons a topar des d'un sol costat	
71	13)	13) Cordons a topar des d'un costat. Només quan la penetració total es comprova mitjançant un END adequat	13) Sense xapa dorsal
71	Efecte de l'escala per a $t > 25$ mm $k_s = \left(\frac{25}{t}\right)^{0,2}$ 14) 15)	Amb xapa dorsal 14) Empalmament transversal 15) Empalmament transversal amb amplada o cantell variable amb pendent $\leq 1/4$ També és vàlid per a plaques corbes	Detalls 14) i 15) Les soldadures en angle que subjecten la xapa dorsal han d'acabar $\geq 10$ mm des dels marges de la placa carregada
50	16)	16) Cordons transversal a topar en una xapa dorsal permanent amb cantell o amplada variable amb un pendent $\leq 1/4$ També és vàlid per a plaques corbes	Quan els cordons en angle de la xapa dorsal acaben $< 10$ mm del marge de la placa, o si no es pot garantir un bon ajustament
71	Efecte d'escala per a $t > 25$ mm i generalització per a l'excentricitat $k_s = \left[ 1 + \frac{6l}{t_1} \frac{t_1^{1,5}}{t_1^{1,5} + t_2^{1,5}} \right] \left( \frac{25}{t_1} \right)^{0,2}$ 	17) Soldadura a topar transversal, diferents gruixos sense transició, eixos alineats	
Igual al detall 1 a taula C,6	18)	18) Cordons a topar en ales creuades	Detalls 18) i 19) La resistència a fatiga en direcció perpendicular s'ha de comprovar amb la taula C,5, detalls 4 o 5
Igual al detall 4 a taula C,5	19)	19) Amb radi de transició segons taula C,5 detall 4	

## Document bàsic SE-A Acer

Taula C.7 Casquets i enrigidors soldats

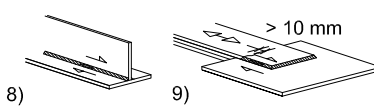
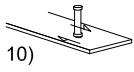
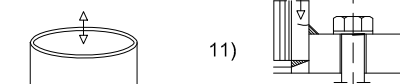
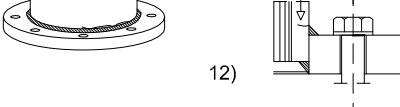
Categoria del detall	Detall constructiu	Descripció	Requisits	
80	$L \leq 50$ mm	 <p>1)</p>	El gruix del casquet ha de ser inferior a la seva altura. En cas contrari vegeu la taula C,6 detalls 5 o 6	
71	$50 < L \leq 80$ mm			
63	$80 < L \leq 100$ mm			
56	$L > 100$ mm			
71	$L > 100$ mm $\alpha < 45^\circ$	 <p>2)</p>	2) Casquet longitudinal a la placa o al tub	
80	$r > 150$ mm	 <p>3) reforçat</p>	3) Cartel·la soldada amb cordó longitudinal i acord de transició a la placa o tub; el final del cordó reforçat (penetració total); longitud del cordó reforçat $> r$	Detalls 3) i 4) El radi de l'acord de transició format mitjançant mecanitzat o tall amb gas de la cartel·la abans de la soldadura, esmolada posterior de l'àrea de cordó paral·lela a la direcció de la fletxa de manera que l'arrel de la soldadura transversal quedi eliminada completament
90	$\frac{r}{L} \geq 1/3$ o bé $r > 150$ mm	 <p>4)</p>	4) Cartel·la soldada al marge de la placa o ala de la biga	
71	$\frac{1}{6} \leq \frac{r}{L} \leq \frac{1}{3}$			
50	$\frac{r}{L} < \frac{1}{6}$			
40		 <p>5)</p>	5) Soldat sense radi de transició	
80	$t \leq 50$ mm	 <p>6)</p>	Casquets transversals 6) Soldats a placa Enrigidors verticals soldats a una biga o biga armada Diafragmes de bigues de caixó soldades a l'ala o ànima. No és possible per a perfils buits. També vàlid per a enrigidors anul·lars	Detalls 6) i 7) Extrems de cordó dipositats acuradament per eliminar qualsevol rebaix que pugui ser present. 7) $\Delta\sigma$ es calcula usant les tensions principals si l'enrigidor acaba en l'ànima.
71	$50 < t \leq 80$ mm	 <p>7)</p>  <p>8)</p>		
80		 <p>9)</p>	9) Connectors soldats al metall base	

Taula C.8 Unions soldades de força

Categoria del detall	Detall constructiu	Descripció	Requisits	
80	$L < 50$		<p>Com a resultat de la inspecció es comprova que està lliure de discontinuïtats i desalineacions que excedeixin EN 1090</p> <p>S'usen les tensions nominals modificades per calcular <math>\Delta\sigma</math></p> <p>En juntes amb penetració parcial es precisen 2 comprovacions de fatiga. Es comproven primer les fissures de l'arrel mitjançant les tensions definides a la secció 5 usant la categoria 36* per a <math>\Delta\sigma_w</math> i la 80 per a <math>\Delta\tau_w</math>. A continuació es calcula la fissuració de l'arrel calculant <math>\Delta\sigma</math> en les plaques portants Detalls 1) a 3)</p> <p>La desalineació de les plaques portants no ha de superar el 15% del gruix de la placa intermèdia</p>	
71	$50 < L < 80$			
63	$80 < L < 100$			
56	$100 < L < 120$			
56	$L > 120$			$t < 20$
50	$120 < L \leq 200$ $L > 200$			$t > 20$ $20 < t < 30$
45	$200 < L \leq 300$ $L > 300$	$t > 30$ $30 < t < 50$		
40	$L > 300$	$t > 50$		
Com el detall 1		2) Fallada de l'arrel des del marge del casquet a la placa, amb pics de tensió en els extrems del cordó a causa de deformacions locals de la placa		
36*		3) Fallada de l'arrel en unions a topar amb secció T i penetració parcial o cordons en angle i penetració total efectiva en unió en T a topar		
Segons el detall 1	<p>àrea de tensions del panell principal: pendent 1/2</p>	Unions soldades amb tapajunts 4) Unió soldada en angle amb tapajunts	<p><math>\Delta\sigma</math> en la placa principal es calcula basant-se a l'àrea mostrada al croquis.</p> <p><math>\Delta\sigma</math> es calcula en les plaques tapajunts Detalls 4) i 5)</p> <p>Final del cordó a més de 10 mm de l'extrem de la placa.</p>	
45*		Tapajunts 5) Unió soldada en angle amb tapajunts	S'ha de comprovar (usant el detall 8) la fissuració a tallant en la soldadura	
56*	$t_c < t$		<p>6) Si la platabanda és més ampla que l'ala, cal un cordó frontal. Aquesta soldadura s'ha de dipositar acuradament per eliminar rebaixos. La longitud màxima de la platabanda és de 300 mm. Per a casquets més curts s'ha de consultar el detall 1)</p>	
	$t_c \geq t$			
56*	$t \leq 20$			--
50	$20 < t \leq 30$			$t \leq 20$
45	$30 < t \leq 50$			$20 < t \leq 30$
40	$t > 50$	$30 < t \leq 50$		
36	--	$t > 50$		
56		7) Tapajunts en bigues i bigues armades	7) Cordó frontal dipositat i rebaixat. A més, si $t_c > 20$ mm el front de la placa a l'extrem de contacte amb un pendent $< 1/4$	

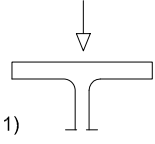
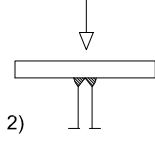
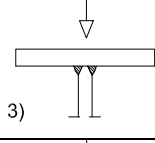
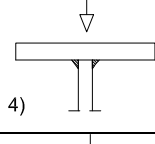
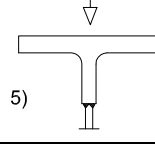
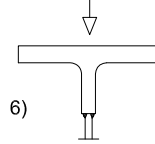
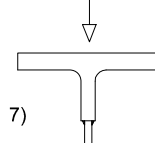


Document bàsic SE-A Acer

<p>80 m = 5</p>	 <p>8) Cordons en angle continus que transmetin un flux de tallant, com en una ànima soldada a una ala en bigues armades Cordó en angle amb tapajunts.</p>	<p>8) <math>\Delta\tau</math> es calcula a partir de l'àrea de coll del cordó 9) <math>\Delta\tau</math> es calcula a partir de l'àrea de coll considerant la longitud total de la soldadura. El final dels cordons a més de 10 mm del marge de la placa</p>
<p>Vegeu EN 1994-2 (90 m = 8)</p>	 <p>10) Connectadors de tall 10) Per a ús en estructures mixtes</p>	<p>10) <math>\Delta\tau</math> es calcula en la secció nominal del connector</p>
<p>71</p>	 <p>11) Junta articulada tubular amb 80% de soldadura a topar amb penetració total</p>	<p>11) Arrel dipositada de la soldadura. <math>\Delta\tau</math> es calcula en el tub</p>
<p>40</p>	 <p>12) Junta articulada tubular amb soldadures en angle</p>	<p>12) <math>\Delta\sigma</math> calculat en el tub</p>

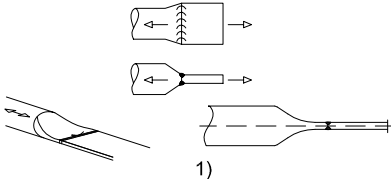
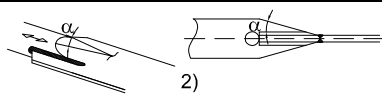
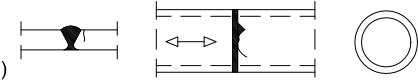
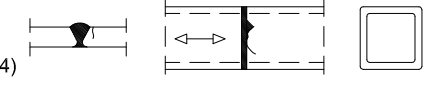
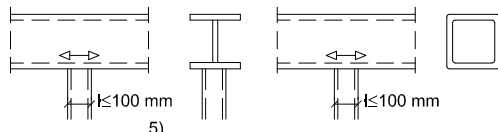
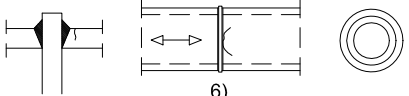
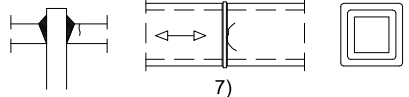
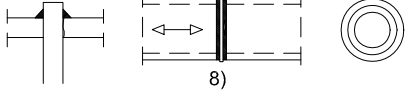
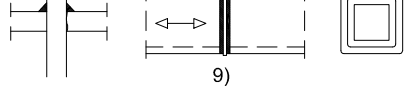
## Document bàsic SE-A Acer

Taula C.9 Unió d'ales superiors a ànimes de bigues carril

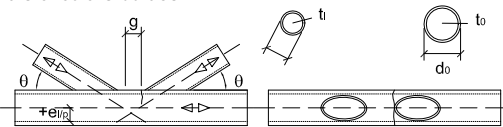
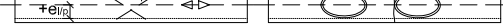
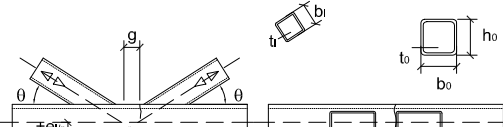
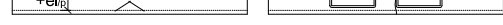

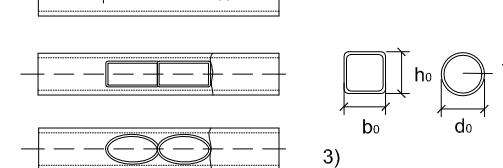
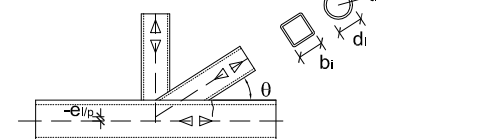
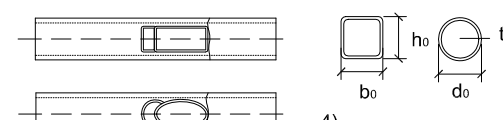
Categoria del detall	Detall constructiu	Descripció	Requisits
160		1) Perfils laminats I o H	
71		2) Soldadura a topar amb penetració total	1) Rang de tensions verticals de compressió $\Delta\sigma_{vert}$ en l'ànima degut a la càrrega de rodes
36*		3) Cordons a topar de penetració parcial o penetració total efectiva (EN.1993-1.8)	3) Carrera de tensions de compressió $\Delta\sigma_{vert}$ en el coll de la soldadura deguda a càrrega de rodes
36*		4) Soldadures en angle	
71		5) Ala de la secció T amb penetració completa en soldadura a topar	5) La carrera de tensions verticals de compressió $\Delta\sigma_{vert}$ en l'ànima deguda a càrrega de rodes
36*		6) Ala de secció T amb penetració parcial en soldadura a topar o penetració total efectiva segons EN.1993-1.8	6) Carrera de tensions de compressió $\Delta\sigma_{vert}$ en el coll de la soldadura deguda a càrrega de rodes
36*		7) Ala de secció T amb soldadures en angle	

## Document bàsic SE-A Acer

Taula C.10 Seccions buides

Categoria del detall	Detall constructiu	Descripció	Requisits
71		1) Unions tub-placa; tubs aixafats, soldadura a topar (canaleta en X)	1) $\Delta\sigma$ calculat en el tub. Només vàlid per a diàmetres de tub inferiors a 200 mm
71		2) unió tub-placa; tub ranurat i soldat a la placa. Forats a l'extrem de la ranura	2) $\Delta\sigma$ calculat en el tub. La fissuració a tallant en la soldadura s'ha de comprovar usant la taula C,5, detall 8
63			
71		Unions a topar transversals 3) Unions mitjançant soldadura a topar, extrem a extrem entre seccions estructurals circulars buides	Detalls 3) i 4) La convexitat de la soldadura $\leq 10\%$ de l'amplada del cordó, amb transicions suaus. Soldat en posició plana, inspeccionat i lliure de defectes superiors a les toleràncies de UNE-ENV 1090-4:1998 Classificable en 2 categories més altes si $t > 8$ mm
56		4) Seccions estructurals buides circulars o rectangulars unides mitjançant cordons d'angle	
71		Accessoris soldats 5) Seccions estructurals buides, circulars o rectangulars unides mitjançant cordons en angle a una altra secció	a) Soldadures que no transmetin càrregues. - amplada paral·lela a direcció de tensions $L \leq 100$ mm - per a altres casos vegeu la taula C,4
50		Empalmaments soldats 6) Seccions estructurals circulars buides; soldades a topar, extrem a extrem amb una placa intermèdia	Detalls 6) i 7) - Soldadures portants - Després d'una inspecció i sense trobar defectes superiors a les toleràncies de UNE-ENV 1090-4:1998 - Classificable en 1 categoria més alta si $t > 8$ mm
45		7) Seccions estructurals rectangulars buides; soldades a topar, extrem a extrem amb una placa intermèdia	
40		8) Seccions estructurals circulars buides, soldades a topar, extrem a extrem amb placa intermèdia	Detalls 8) i 9) - Soldadures portants - Gruix de paret $t \leq 8$ mm
36		9) Seccions estructurals rectangulars buides, soldades a topar, extrem a extrem amb placa intermèdia	

Taula C.11 Seccions buides

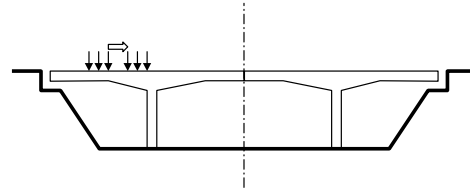
Catego- ria del detall	Detall constructiu	Requisits
90 m = 5 $\frac{t_0}{t_i} \geq 2,0$	Unions amb folgança: detall 1); juntes K i N; seccions estructurals circulars buides 	Detalls 1) i 2) Es precisa una comprovació per separat per als cordons i les diagonals. Per a valors intermedis de l'índex $\frac{t_0}{t_i}$ s'ha
45 m = 5 $\frac{t_0}{t_i} \geq 1,0$		1) d'interpolar linealment entre les categories dels detalls. Es permeten soldadures en angle per a diagonals amb gruix de paret $t \leq 8$ mm
71 m = 5 $\frac{t_0}{t_i} \geq 2,0$	Unions amb folgança: detall 2); juntes K i N; seccions estructurals circulars buides 	$t_0$ i $t_i \leq 8$ mm $35^\circ \leq \theta \leq 50^\circ$ $b_0/t_0 \cdot t_0/t_i \leq 25$ $d_0/t_0 \cdot t_0/t_i \leq 25$ $0,4 \leq b_0/b_i \leq 1,0$ $0,25 \leq d_0/d_i \leq 1,0$ $b_0 \leq 200$ mm $d_0 \leq 300$ mm - $0,5 h_0 \leq l_{ip} \leq 0,25 h_0$ - $0,5 d_0 \leq l_{ip} \leq 0,25 d_0$ $e_{o/p} \leq 0,02 b_0$ o $0,02 d_0$ ( $e_{o/p}$ és l'excentricitat fora del pla) Detall 2) $0,5 (b_0 - b_i) \leq g \leq 1,1 (b_0 - b_i)$ $g \geq 2 t_0$
36 m = 5 $\frac{t_0}{t_i} \geq 1,0$		2)
71 m = 5 $\frac{t_0}{t_i} \geq 1,4$	Juntes superposades: detall 4); Juntes en N; seccions estructurals circulars buides 	Detalls 3) i 4) 30% $\leq$ cavalament $\leq$ 100 % Es precisa comprovació per separat de cordons i diagonals. Per a valors intermedis de l'índex $t_0/t_i$ s'ha d'interpolar linealment entre categories de detalls.
56 m = 5 $\frac{t_0}{t_i} = 1$		Es permeten soldadures en angle per a diagonals amb gruix de paret $t \leq 8$ mm $t_0$ i $t_i \leq 8$ mm $35^\circ \leq \theta \leq 50^\circ$ $b_0/t_0 \cdot t_0/t_i \leq 25$ $d_0/t_0 \cdot t_0/t_i \leq 25$ $0,4 \leq b_0/b_i \leq 1,0$ $0,25 \leq d_0/d_i \leq 1,0$ $b_0 \leq 200$ mm $d_0 \leq 300$ mm
71 m = 5 $\frac{t_0}{t_i} \geq 1,4$	Juntes superposades: detall 4); Juntes en N; seccions estructurals rectangulars buides 	- $0,5 h_0 \leq l_{ip} \leq 0,25 h_0$ - $0,5 d_0 \leq l_{ip} \leq 0,25 d_0$ $e_{o/p} \leq 0,02 b_0$ o $0,02 d_0$ ( $e_{o/p}$ és l'excentricitat fora del pla)
50 m = 5 $\frac{t_0}{t_i} = 1$		4)

## C.4 Comprovació

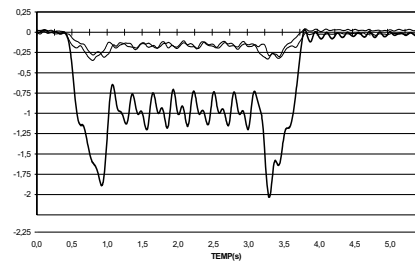
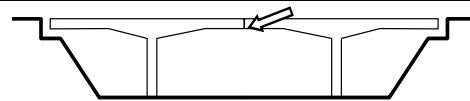
- 1 Són admissibles els formats d'acumulació de dany o de carrera equivalent. Comprèn els següents passos, cadascun dels quals s'ha de reflectir en l'apartat corresponent de la memòria del projecte:
  - a) definició del registre elemental de càrregues (per exemple, cada passada del carro en un pont grua) i del nombre de vegades que es repeteix al llarg de la vida útil de l'estructura. La definició del registre de càrregues i del nombre de repeticions és donada en cada cas per les especificacions particulars del sistema;
  - b) definició dels detalls estructurals a comprovar (per exemple, els cordons d'ala d'un empalmament soldat en una biga carrilera) i obtenció del registre elemental de tensions (per exemple, les tensions normals en les ales en la secció de l'empalmament esmentat). El procediment de càlcul de tensions ha de seguir el que estableixen els apartats precedents i ha de tenir en compte, quan sigui procedent, els possibles efectes d'amplificació pel caràcter dinàmic de les accions;
  - c) determinació del nombre de cicles i de la seva amplitud (carrera). Són acceptables els mètodes de "buidat de la bassa" o de "flux d'aigua". No és necessari considerar els cicles les carreres dels quals siguin inferiors al límit de tall. El resultat d'aquesta operació, ponderat pel nombre de vegades que es repeteix el cicle de càrrega al llarg de la vida útil de l'estructura, es representa en forma d'espectre;
  - d) dibuix de l'espectre d'amplituds (carreres);
  - e) obtenció, per a cada carrera de tensions, del nombre de cicles fins a fallada. Entrant en les corbes S-N corresponents al detall analitzat amb la carrera de tensió de càlcul (multiplicada per  $\gamma_{Ft}$ ) s'obté el nombre de cicles a fallada  $N_{Ri}$ ;
  - f) obtenció del dany acumulat d'acord amb la regla de Palmgren- Miner.
- 2 Una vegada obtingut el dany total el criteri de comprovació es pot formular en dany (simplement comprovar que el dany acumulat sigui inferior a la unitat) o en la carrera equivalent de tensions.

Document bàsic SE-A Acer

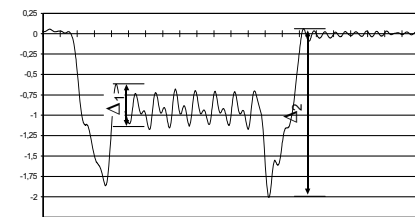
Definició del registre elemental de càrregues



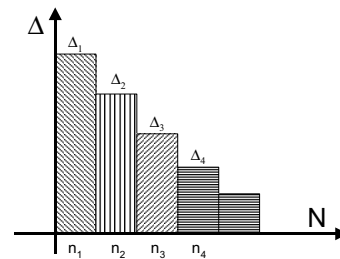
Definició dels detalls a comprovar i obtenció del registre de tensions a cadascun



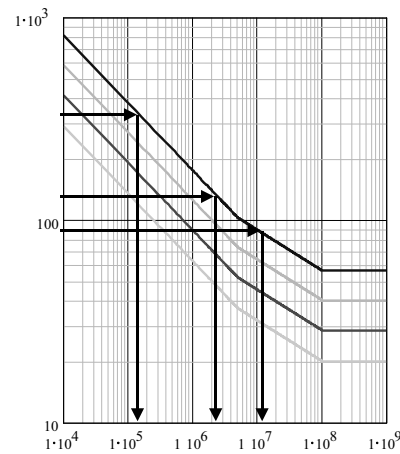
Determinació del nombre de cicles i de la seva amplitud



Representació de l'espectre



Obtenció del nombre de cicles fins a la fallada



Comprovació (criteri de Palmgren-Miner)

$$\sum \frac{n_i}{N_i} = \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \frac{n_3}{N_3} + \dots \leq D_d$$

Figura C.3 Format de comprovació

## Annex D. Normes de referència

Títols de les normes UNE esmentades al text: s'han de tenir en compte als efectes recollits en el text.

UNE-ENV 1993-1-1:1996	Eurocodi 3: Projecte d'estructures d'acer. Part 1-1: Regles generals. Regles generals i regles per a edificació.
UNE-ENV 1090-1:1997	Execució d'estructures d'acer. Part 1: Regles generals i regles per a edificació.
UNE-ENV 1090-2:1999	Execució d'estructures d'acer. Part 2: Regles suplementàries per a xapes i peces primes conformades en fred.
UNE-ENV 1090-3:1997	Execució d'estructures d'acer. Part 3: Regles suplementàries per a acers d'alt límit elàstic.
UNE-ENV 1090-4:1998	Execució d'estructures d'acer. Part 4: Regles suplementàries per a estructures amb gelosia de secció buida.
UNE-EN 10025-2	Productes laminats en calent, d'acer no aliat, per a construccions metàl·liques d'ús general. Part 2: Condicions tècniques de subministrament de productes plans.
UNE-EN 10210-1:1994	Perfils buits per a construcció, acabats en calent, d'acer no aliat de gra fi. Part 1: Condicions tècniques de subministrament.
UNE-EN 10219-1:1998	Perfils buits per a construcció conformats en fred d'acer no aliat i de gra fi. Part 1: Condicions tècniques de subministrament.
UNE-EN 1993-1-10	Eurocodi 3: Projecte d'estructures d'acer. Part 1-10: Selecció de materials amb resistència a fractura.
UNE-EN ISO 14555:1999	Soldadura. Soldadura per arc d'espàrrecs de materials metàl·lics.
UNE-EN 287-1:1992	Qualificació de soldadors. Soldadura per fusió. Part 1: Acers.
UNE-EN ISO 8504-1:2002	Preparació de substrats d'acer prèvia a l'aplicació de pintures i productes relacionats. Mètodes de preparació de les superfícies. Part 1: Principis generals.
UNE-EN ISO 8504-2:2002	Preparació de substrats d'acer prèvia a l'aplicació de pintures i productes relacionats. Mètodes de preparació de les superfícies. Part 2: Neteja per raig abrasiu.
UNE-EN ISO 8504-3:2002	Preparació de substrats d'acer prèvia a l'aplicació de pintures i productes relacionats. Mètodes de preparació de les superfícies. Part 3: Neteja manual i amb eines motoritzades.
UNE-EN ISO 1460:1996	Recobriments metàl·lics. Recobriments de galvanització en calent sobre materials fèrrics. Determinació gravimètrica de la massa per unitat d'àrea.
UNE-EN ISO 1461:1999	Recobriments galvanitzats en calent sobre productes acabats de ferro i acer. Especificacions i mètodes d'assaig.
UNE-EN ISO 7976-1:1989	Toleràncies per a l'edifici -- mètodes de mesura d'edificis i de productes de l'edifici -- part 1: Mètodes i instruments

## Document bàsic SE-A Acer

---

UNE-EN ISO 7976-2:1989	Toleràncies per a l'edifici -- mètodes de mesura d'edificis i de productes de l'edifici -- part 2: Posició de punts que mesuren.
UNE-EN ISO 6507-1:1998	Materials metàl·lics. Assaig de duresa Vickers. Part 1: Mètodes d'assaig.
UNE-EN ISO 2808:2000	Pintures i vernissos. Determinació del gruix de pel·lícula.
UNE-EN ISO 4014:2001	Perns de cap hexagonal. Productes de classes A i B (ISO 4014:1990).
UNE EN ISO 4016:2001	Perns de cap hexagonal. Productes de classe C (ISO 4016:1999).
UNE EN ISO 4017:2001	Cargols de cap hexagonal. Productes de classes A i B (ISO 4017:1999).
UNE EN ISO 4018:2001	Cargols de cap hexagonal. Productes de classe C (ISO 4018:1999).
UNE EN 24032:1992	Femelles hexagonals, tipus 1. Producte de classes A i B (ISO 4032:1986)
UNE EN ISO 4034:2001.	Femelles hexagonals. Producte de classe C (ISO 4034:1999).
UNE-EN ISO 7089:2000	Volanderes planes. Sèrie normal. Producte de classe A (ISO 7089:2000).
UNE-EN ISO 7090:2000	Volanderes planes aixamfranades. Sèrie normal. Producte de classe A (ISO 7090:2000).
UNE-EN ISO 7091:2000.	Volanderes planes. Sèrie normal. Producte de classe C (ISO 7091:2000).

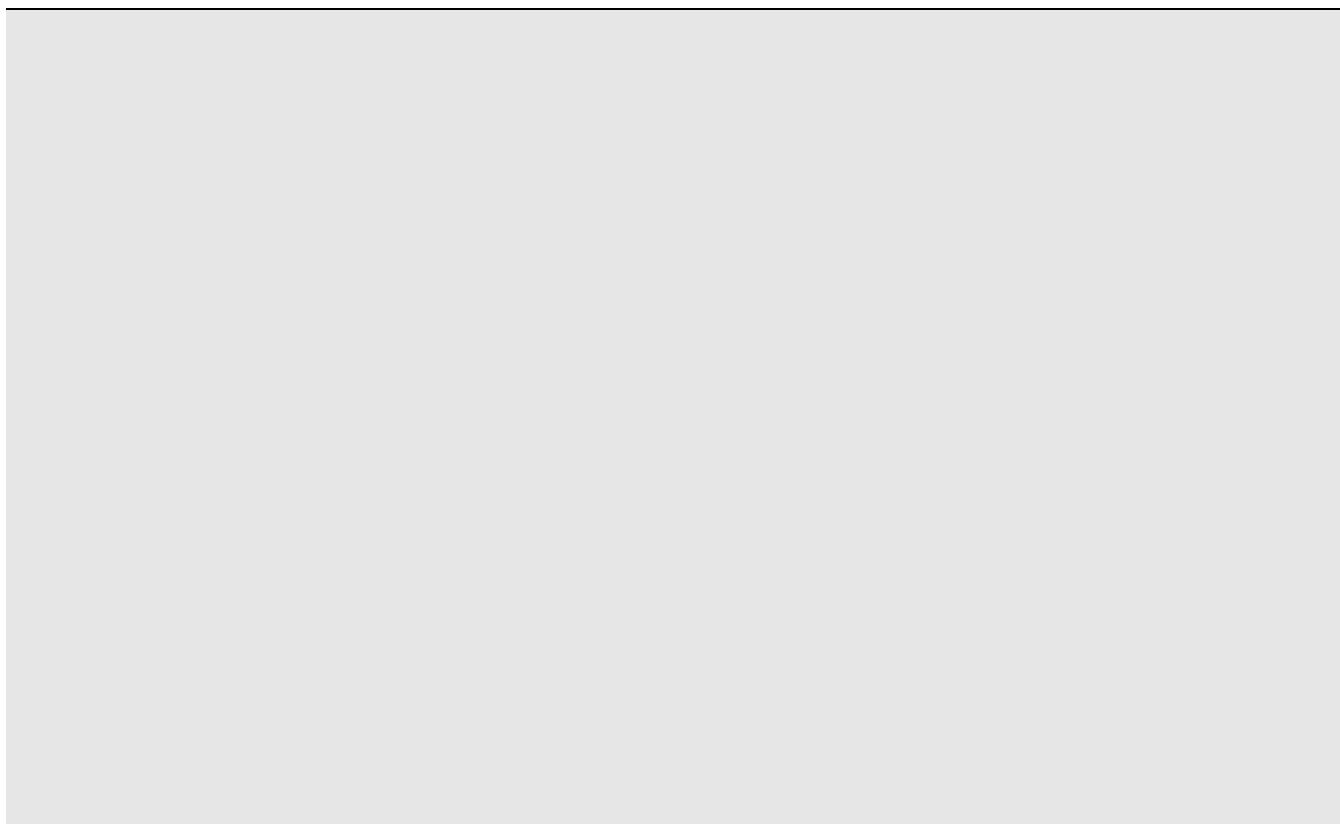


# Document bàsic **SE-AE**

---

**Seguretat estructural**  
**Accions en l'edificació**

---



# Índex

## **1 Generalitats**

1.1 Àmbit d'aplicació

## **2 Accions permanents**

2.1 Pes propi

2.2 Pretesatge

2.3 Accions del terreny

## **3 Accions variables**

3.1 Sobrecàrrega d'ús

3.2 Accions sobre baranes i elements divisoris

3.3 Vent

3.4 Accions tèrmiques

3.5 Neu

## **4 Accions accidentals**

4.1 Sisme

4.2 Incendi

4.3 Impacte

## **Annex A. Terminologia**

## **Annex B. Notacions i unitats**

B.1 Notacions

B.3 Unitats

## **Annex C. Promptuari de pesos i coeficients de fricció interna**

## **Annex D. Acció del vent**

D.1 Pressió dinàmica

D.2 Coeficient d'exposició

D.3 Coeficients de pressió exterior

## **Annex E. Dades climàtiques**

## 1 Generalitats

### 1.1 Àmbit d'aplicació

- 1 El camp d'aplicació d'aquest Document bàsic és el de la determinació de les accions sobre els edificis, per verificar el compliment dels requisits de seguretat estructural (capacitat portant i estabilitat) i aptitud al servei, establerts en el DB-SE.
- 2 Estan fora de l'abast d'aquest Document bàsic les accions i les forces que actuen sobre elements com ara aparells elevadors o ponts grua, o construccions com ara les sitges o els tancs.
- 3 En general, les forces de fricció no es defineixen en aquest Document bàsic, ja que es consideren efectes de les accions.
- 4 Llevat que s'indiqui el contrari, tots els valors tenen el sentit de característics.
- 5 Els tipus d'accions i el seu tractament s'estableixen en el DB-SE.

## 2 Accions permanents

### 2.1 Pes propi

- 1 El pes propi que s'ha de tenir en compte és el dels elements estructurals, els tancaments i elements separadors, els envans, tota mena de fusteria, revestiments (com ara paviments, guarniments, arrebossats, sostres falsos), rebliments (com els de terres) i equip fix.
- 2 El valor característic del pes propi dels elements constructius es determina, en general, com el seu valor mitjà obtingut a partir de les dimensions nominals i dels pesos específics mitjans. A l'annex C s'inclouen els pesos de materials, productes i elements constructius típics.
- 3 En el cas d'envans ordinaris amb un pes per metre quadrat que no sigui superior a  $1,2 \text{ kN/m}^2$ , un gruix que no excedeixi els 0,08 m i una distribució en planta que sigui sensiblement homogènia, el seu pes propi es pot assimilar a una càrrega equivalent uniformement distribuïda. Com a valor d'aquesta càrrega equivalent es pot adoptar el valor  $0,8 \text{ kN/m}^2$  multiplicat per la raó mitjana entre la superfície d'envans i la de la planta considerada. En el cas d'envans més pesants, aquests es poden assimilar al mateix valor de càrrega equivalent uniforme esmentat més un increment local, de valor igual a l'excés de pes de l'envà respecte a  $1,0 \text{ kN per m}^2$  d'alçat.  
En general, en habitatges es considera com a pes propi dels envans una càrrega d' $1,0 \text{ kN per cada m}^2$  de superfície construïda.
- 4 Si es procedeix per mesurament directe del pes dels envans projectats, s'han de considerar les alteracions i modificacions que siguin raonables en la vida de l'edifici.
- 5 El pes de les façanes i elements de compartimentació pesants, tractats com a acció local, s'ha d'assignar com a càrrega als elements que inequívocament els sustentaran, tenint en compte, si s'escau, la possibilitat de repartiment a elements adjacents i els efectes d'arcs de descàrrega. En cas de continuïtat amb plantes inferiors, s'ha de considerar, pel que fa a la seguretat de l'element, que la totalitat del seu pes gravita sobre si mateix.
- 6 El valor característic del pes propi dels equips i les instal·lacions fixes, com ara calderes col·lectives, transformadors, aparells d'elevació o torres de refrigeració, s'ha de definir d'acord amb els valors aportats pels subministradors.

### 2.2 Pretesatge

- 1 L'acció del pretesatge s'ha d'avaluar a partir del que estableix la instrucció EHE.

### 2.3 Accions del terreny

- 1 Les accions derivades de l'empenta del terreny, tant les procedents del seu pes com d'altres accions que hi actuïn, o les accions degudes als seus desplaçaments i deformacions, s'han d'avaluar i tractar segons el que estableix el DB-SE-C.

### 3 Accions variables

#### 3.1 Sobrecàrrega d'ús

- 1 La sobrecàrrega d'ús és el pes de tot el que pot gravitar sobre l'edifici per raó del seu ús.
- 2 La sobrecàrrega d'ús deguda a equips pesants o a l'acumulació de materials en biblioteques, magatzems o indústries, no està recollida en els valors previstos en aquest Document bàsic, i s'han de determinar d'acord amb els valors del subministrador o les exigències de la propietat.

##### 3.1.1 Valors de la sobrecàrrega

- 1 En general, els efectes de la sobrecàrrega d'ús es poden simular per l'aplicació d'una càrrega distribuïda uniformement. D'acord amb l'ús que sigui fonamental a cada zona, com a valors característics s'han d'adoptar els de la taula 3.1. Els valors esmentats inclouen tant els efectes derivats de l'ús normal, persones, mobiliari, béns, mercaderies habituals, contingut dels conductes, maquinària i, si s'escau, vehicles com els derivats d'una utilització poc habitual, com ara acumulació de persones o de mobiliari en ocasió d'un trasllat.
- 2 Així mateix, per a comprovacions locals de capacitat portant, s'ha de considerar una càrrega concentrada actuant en qualsevol punt de la zona. Aquesta càrrega es considera que actua simultàniament amb la sobrecàrrega uniformement distribuïda a les zones d'ús de trànsit i aparcament de vehicles lleugers, i de forma independent i no simultània amb aquella en la resta dels casos.

Aquesta càrrega concentrada es considera aplicada sobre el paviment acabat en una superfície quadrada de 200 mm en zones d'ús de trànsit i aparcament i de 50 mm de banda en la resta dels casos.

Taula 3.1 Valors característics de les sobrecàrregues d'ús

Categoria d'ús		Subcategories d'ús		Càrrega uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Càrrega concentrada [kN]
A	Zones residencials	A1	Habitatges i zones d'habitacions en hospitals i hotels	2	2
		A2	Trasters	3	2
B	Zones administratives			2	2
C	Zones d'accés al públic (amb l'excepció de les superfícies pertanyents a les categories A, B i D)	C1	Zones amb taules i cadires	3	4
		C2	Zones amb seients fixos	4	4
		C3	Zones sense obstacles que impedeixin el lliure moviment de les persones com ara vestíbuls d'edificis públics, administratius, hotels, sales d'exposició en museus, etc.	5	4
		C4	Zones destinades a gimnàs o activitats físiques	5	7
		C5	Zones d'aglomeració (sales de concerts, estadis, etc.)	5	4
D	Zones comercials	D1	Locals comercials	5	4
		D2	Supermercats, hipermercats o grans superfícies	5	7
E	Zones de trànsit i d'aparcament per a vehicles lleugers (pes total < 30 kN)			2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cobertes transitables accessibles només privadament <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cobertes accessibles únicament per a conservació <sup>(3)</sup>	G1	Cobertes amb inclinació inferior a 20°	1 <sup>(4)</sup>	2
		G2	Cobertes amb inclinació superior a 40°	0	2

## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

- (1) S'han de descompondre en dues càrregues concentrades 10 separades entre si 1,8 m. Alternativament, les càrregues esmentades es poden substituir per una sobrecàrrega uniformement distribuïda en la totalitat de la zona de 3,0 kN/m<sup>2</sup> per al càlcul d'elements secundaris, com ara nervis o biguetes, doblement recolzats, de 2,0 kN/m<sup>2</sup> per al de lloses, forjats reticulats o nervis de forjats continus, i d'1,0 kN/m<sup>2</sup> per al d'elements primaris com bigues, àbacs de suports, suports o sabates.
- (2) En cobertes transitables d'ús públic, el valor és el corresponent a l'ús de la zona des de la qual s'hi accedeix.
- (3) Per a cobertes amb una inclinació entre 20° i 40°, el valor de  $q_k$  es determina per interpolació lineal entre els valors corresponents a les subcategories H1 i H2.
- (4) El valor indicat es refereix a la projecció horitzontal de la superfície de la coberta.

- 3 A les zones d'accés i evacuació dels edificis de les zones de categories A i B, com ara portals, replans i escales, s'ha d'incrementar el valor corresponent a la zona servida en 1 kN/m<sup>2</sup>.
- 4 Per a la seva comprovació local, els balcons volats de tota mena d'edificis s'han de calcular amb la sobrecàrrega d'ús corresponent a la categoria d'ús amb la qual es comuniqui, més una sobrecàrrega lineal actuant a les seves vores de 2 kN/m.
- 5 Per a les zones de magatzem o biblioteca, s'ha de consignar en la memòria del projecte i en les instruccions d'ús i manteniment el valor de sobrecàrrega mitjana i, si s'escau, distribució de càrrega, per a la qual s'ha calculat la zona, i en l'obra ha de figurar una placa amb el valor esmentat.
- 6 En porxos, voreres i espais de trànsit situats sobre un element portant o sobre un terreny que desenvolupa càrregues sobre altres elements estructurals, s'ha de considerar una sobrecàrrega d'ús d'1 kN/m<sup>2</sup> si es tracta d'espais privats i de 3 kN/m<sup>2</sup> si són d'accés públic.
- 7 Els valors indicats ja inclouen l'efecte de l'alternança de càrrega, llevat del cas d'elements crítics, com ara volades, o en el de zones d'aglomeració.
- 8 Als efectes de combinació d'accions, les sobrecàrregues de cada tipus d'ús tenen la consideració d'accions diferents. Els ítems dins de cada subcategoria de la taula 3.1 són tipus diferents.

### 3.1.2 Reducció de sobrecàrregues

- 1 Per al dimensionament dels elements portants horitzontals (bigues, nervis de forjats, etc.), la suma de les sobrecàrregues d'una mateixa categoria d'ús que hi actuïn es pot reduir multiplicant-la pel coeficient de la taula 3.2, per a les categories d'ús A, B, C i D.
- 2 Per al dimensionament d'un element vertical (pilar, mur), la suma de les sobrecàrregues d'un mateix ús que hi gravitin es pot reduir multiplicant-la pel coeficient de la taula 3.2, per a les categories d'ús A, B, C i D.

Taula 3.2 Coeficient de reducció de sobrecàrregues

Elements verticals			Elements horitzontals			
Nombre de plantes del mateix ús			Superfície tributària (m <sup>2</sup> )			
1 o 2	3 o 4	5 o més	16	25	50	100
1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	0,7

- 3 Els coeficients de reducció anteriors es poden aplicar simultàniament en un element vertical quan les plantes situades per damunt de l'element esmentat estiguin destinades al mateix ús i sempre que corresponguin a diferents usuaris, la qual cosa s'ha de fer constar en la memòria del projecte i en les instruccions d'ús i manteniment.

### 3.2 Accions sobre baranes i elements divisoris

- 1 L'estructura pròpia de les baranes, plafons, ampits o proteccions de terrasses, miradors, balcons o escales ha de resistir una força horitzontal, uniformement distribuïda, el valor característic de la qual s'obté de la taula 3.2. La força es considera aplicada a 1,2 m o sobre la vora superior de l'element, si aquest està situat a menys altura.

## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

Taula 3.3 Accions sobre les baranes i altres elements divisoris

Categoria d'ús	Força horitzontal [kN/m]
C5	3,0
C3, C4, E, F	1,6
Resta dels casos	0,8

- 2 A les zones de trànsit i aparcament, els ampits, plafons o baranes i altres elements que delimitin àrees accessibles per als vehicles han de resistir una força horitzontal, uniformement distribuïda sobre una longitud d'1 m, aplicada a 1,2 m d'altura sobre el nivell de la capa de rodolament o sobre la vora superior de l'element si aquest està situat a menys altura. El valor característic d'aquest s'ha de definir en el projecte en funció de l'ús específic i de les característiques de l'edifici, i no pot ser inferior a  $q_k = 100$  kN.
- 3 Els elements divisoris, com ara envans, han de suportar una força horitzontal que és la meitat de la definida als paràgrafs anteriors, segons l'ús a cada costat d'aquests.

### 3.3 Vent

#### 3.3.1 Generalitats

- 1 La distribució i el valor de les pressions que exerceix el vent sobre un edifici i les forces resultants depenen de la forma i de les dimensions de la construcció, de les característiques i de la permeabilitat de la seva superfície, així com de la direcció, de la intensitat i de les ratxes del vent.
- 2 Les disposicions d'aquest Document bàsic no són aplicables als edificis situats en altituds superiors a 2.000 m. En aquests casos, les pressions del vent s'han d'establir a partir de dades empíriques disponibles.
- 3 En general, els edificis ordinaris no són sensibles als efectes dinàmics del vent. Aquest Document bàsic no cobreix les construccions d'esveltesa superior a 6, en les quals sí que s'han de tenir en compte els efectes esmentats.

#### 3.3.2 Acció del vent

- 1 L'acció de vent, en general una força perpendicular a la superfície de cada punt exposat, o pressió estàtica,  $q_e$  es pot expressar com:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p \quad (3.1)$$

on:

- $q_b$  és la pressió dinàmica del vent. De manera simplificada, com a valor en qualsevol punt del territori espanyol, es pot adoptar  $0,5 \text{ kN/m}^2$ . Es poden obtenir valors més precisos mitjançant l'annex D, en funció de l'emplaçament geogràfic de l'obra.
  - $C_e$  és el coeficient d'exposició, variable amb l'altura del punt considerat, en funció del grau d'aspra de l'entorn on s'emplaça la construcció. Es determina d'acord amb el que s'estableix al 3.3.3. En edificis urbans de fins a 8 plantes, es pot prendre un valor constant, independent de l'altura, de 2,0.
  - $C_p$  és el coeficient eòlic o de pressió, dependent de la forma i l'orientació de la superfície respecte al vent, i, si s'escau, de la situació del punt respecte a les vores d'aquesta superfície; un valor negatiu indica succió. El seu valor s'estableix al 3.3.4 i 3.3.5.
- 2 Els edificis s'han de comprovar davant l'acció del vent en totes direccions, independentment de l'existència de construccions contigües mitgeres, encara que generalment n'hi ha prou amb la consideració en dos sensiblement ortogonals qualsevol. Per a cada direcció s'ha de considerar l'acció en els dos sentits. Si es procedeix amb un coeficient eòlic global, l'acció es considera aplicada amb una excentricitat en planta del 5% de la dimensió màxima de l'edifici en el pla perpendicular a la direcció de vent considerada i del costat desfavorable.
  - 3 L'acció de vent genera a més forces tangencials paral·leles a la superfície. Es calculen com el producte de la pressió exterior pel coeficient de fricció, de valor igual a 0,01 si la superfície és molt llisa, per exemple d'acer o alumini, 0,02 si és rugosa com en el cas de formigó, i 0,04 si és molt rugosa, com en el cas d'existència d'ones, nervadura o plecs. En les superfi-

## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

cies a sobrevent i sotavent no és necessari tenir en compte l'acció de la fricció si el seu valor no supera el 10% de la força perpendicular deguda a l'acció del vent.

### 3.3.3 Coeficient d'exposició

- 1 El coeficient d'exposició té en compte els efectes de les turbulències originades pel relleu i la topografia del terreny. El seu valor es pot prendre de la taula 3.3, on l'altura del punt considerat és la mesura respecte a la rasant mitjana de la façana a sobrevent. Per a altures superiors a 30 m, els valors s'han d'obtenir de les expressions generals que es recullen a l'annex A.
- 2 En el cas d'edificis situats als voltants de penya-segats o escarpes de pendent més gran de 40°, l'altura s'ha de mesurar des de la base dels esmentats accidents topogràfics. Aquest Document bàsic només és aplicable per a altures de penya-segat o escarpa inferiors a 50 m.
- 3 Als efectes de grau d'aspresa, l'entorn de l'edifici es classifica en el primer dels tipus de la taula 3.4 al qual pertanyi, per a la direcció de vent analitzada.

Taula 3.3 Valors del coeficient d'exposició  $c_e$

Grau d'aspresa de l'entorn	Altura del punt considerat (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Vora del mar o d'un llac, amb una superfície d'aigua en la direcció del vent d'almenys 5 km de longitud	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II Terreny rural pla sense obstacles ni arbrat d'importància	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o plana amb alguns obstacles aïllats, com arbres o construccions petites	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centre de negoci de grans ciutats, amb profusió d'edificis en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

### 3.3.4 Coeficient eòlic d'edificis de pisos

- 1 En edificis de pisos, amb forjats que connecten totes les façanes a intervals regulars, amb buits o finestres petits practicables o hermètics, i compartimentats interiorment, per a l'anàlisi global de l'estructura, s'han de considerar coeficients eòlics globals a sobrevent i sotavent, aplicant-hi l'acció de vent a la superfície projecció del volum edificat en un pla perpendicular a l'acció de vent. Com a coeficients eòlics globals, es poden adoptar els de la taula 3.4

Taula 3.5 Coeficient eòlic en edificis de pisos

	Esveltesa en el pla paral·lel al vent					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≥ 5,00
Coefficient eòlic de pressió, $c_p$	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coefficient eòlic de succió, $c_s$	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	0,6	0,7

Per a altres casos i com a alternativa al coeficient eòlic global, es pot determinar l'acció de vent com a resultant de la que hi ha a cada punt, a partir dels coeficients eòlics que s'estableixen a l'annex D.2 per a diverses formes canòniques, aplicant-hi els de la que presenti trets més coincidents amb el cas analitzat, tot considerant, si s'escau, la forma conjunta de l'edifici amb els mitgers.

- 2 En edificis amb coberta plana, l'acció del vent sobre aquesta, generalment de succió, opera habitualment del costat de la seguretat, i es pot bandejar.
- 3 Per a anàlisis locals d'elements de façana o tancament, com ara fusteria i tancaments metàl·lics, envidraments, aplacats, ancoratges o corretges, l'acció de vent es determina com a resultant de la que hi ha a cada punt, a partir dels coeficients eòlics que s'estableixen a l'annex D.2 en el sentit indicat anteriorment.



### 3.3.5 Coeficient eòlic de naus i construccions diàfanes

- 1 En naus i construccions diàfanes, sense forjats que connectin les façanes, l'acció de vent s'ha d'individualitzar en cada element de superfície exterior. Quan en almenys dos dels costats de l'edifici (façanes o cobertes) l'àrea total dels buits excedeixi el 30% de l'àrea total del costat considerat, l'acció del vent es determina considerant l'estructura com una marquesina o una paret lliure.
- 2 Als efectes del càlcul de l'estructura, del costat de la seguretat es pot fer servir la resultant en cada pla de façana o coberta dels valors de l'annex D.3, que recullen el pèssim a cada punt a causa de diverses direccions de vent. Als efectes locals, com ara corretges, panells de tancament o ancoratges, s'han d'utilitzar els valors corresponents a la zona o zones en què es troba situat l'element esmentat.
- 3 Si l'edifici presenta grans buits, l'acció del vent genera, a més de pressions a l'exterior, pressions a l'interior, que se sumen a les anteriors.

El coeficient eòlic de pressió interior,  $c_{pi}$ , es considera únic en tots els paraments interiors de l'edifici. Per a la determinació de la pressió interior, en edificis d'una sola planta, es considera com a coeficient d'exposició el corresponent a l'altura del punt mitjà del forat, llevat que hi hagi un forat dominant; en aquest cas, el coeficient d'exposició és el corresponent a l'altura mitjana d'aquest forat. Si l'edifici té diverses plantes, es considera l'altura mitjana de la planta analitzada. Un forat es considera dominant si la seva àrea és pel cap baix deu vegades superior a la suma de les àrees dels buits restants.

- 4 Quan l'àrea de les obertures d'una façana sigui el doble de les obertures a la resta de les façanes de l'edifici, s'ha de prendre  $c_{pi} = 0,75c_{pe}$ ; si és el triple  $c_{pi} = 0,9c_{pe}$ , on  $c_{pe}$  és el coeficient eòlic de pressió exterior. En casos intermedis s'ha d'interpol·lar linealment. En altres casos s'han de prendre els valors de la taula 3.6.

Taula 3.6 Coeficients de pressió interior

Esveltesa en el pla paral·lel al vent	Àrea de buits en zones de succió respecte a l'àrea total de buits de l'edifici										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
≤1	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5
≥4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3

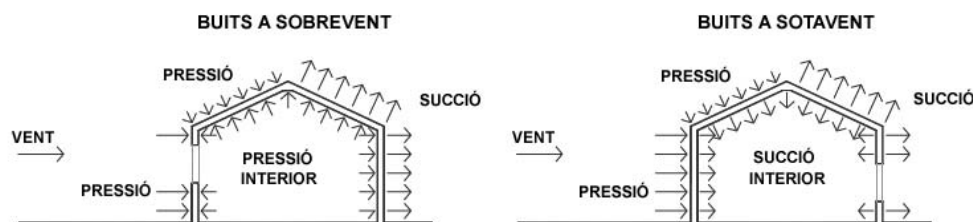


Fig. 3.1 Pressions exercides pel vent en una construcció diàfana

## 3.4 Accions tèrmiques

### 3.4.1 Generalitats

- 1 Els edificis i els seus elements estan sotmesos a deformacions i canvis geomètrics deguts a les variacions de la temperatura ambient exterior. La magnitud d'aquests depèn de les condicions climàtiques del lloc, l'orientació i de l'exposició de l'edifici, les característiques dels materials constructius i dels acabats o revestiments, i del règim de calefacció i ventilació interior, així com de l'aïllament tèrmic.
- 2 Les variacions de la temperatura a l'edifici condueixen a deformacions de tots els elements constructius, en particular els estructurals, que, en els casos en què estiguin impedides, produeixen tensions en els elements afectats.

## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

- 3 La disposició de junteres de dilatació pot contribuir a disminuir els efectes de les variacions de la temperatura. En edificis habituals amb elements estructurals de formigó o acer, es pot no considerar les accions tèrmiques quan es disposin junteres de dilatació de manera que no hi hagi elements continus de més de 40 m de longitud. Per a altres tipus d'edificis, els DB inclouen la distància màxima entre junteres de dilatació en funció de les característiques del material utilitzat.

### 3.4.2 Càlcul de l'acció tèrmica

- 1 Els efectes globals de l'acció tèrmica es poden obtenir a partir de la variació de temperatura mitjana dels elements estructurals, en general, separatament per als efectes d'estiu, dilatació, i d'hivern, contracció, a partir d'una temperatura de referència, quan es va construir l'element i que es pot prendre con la mitjana anual de l'emplaçament o 10 °C.
- 2 Les temperatures ambient extremes d'estiu i d'hivern es poden obtenir de l'annex E.
- 3 Per a elements exposats a la intempèrie, com a temperatura mínima s'ha d'adoptar l'extrema de l'ambient. Com a temperatura màxima a l'estiu s'ha d'adoptar l'extrema de l'ambient incrementada en la procedent de l'efecte de la radiació solar, segons la taula 3.7.

Taula 3.7 Increment de temperatura a causa de la radiació solar

Orientació de la superfície	Color de la superfície		
	Molt clar	Clar	Fosc
Nord i est	0 °C	2 °C	4 °C
Sud i oest	18 °C	30 °C	42 °C

- 4 Com a temperatura dels elements protegits a l'interior de l'edifici es pot prendre, durant tot l'any, una temperatura de 20 °C.
- 5 Com a temperatura dels elements de l'envoltant no directament exposats a la intempèrie es pot adoptar la mitjana entre les dels dos casos anteriors.

### 3.5 Neu

- 1 La distribució i la intensitat de la càrrega de neu sobre un edifici, o en particular sobre una coberta, depèn del clima del lloc, del tipus de precipitació, del relleu de l'entorn, de la forma de l'edifici o de la coberta, dels efectes del vent i dels intercanvis tèrmics en els paraments exteriors.
- 2 Els models de càrrega d'aquest apartat només cobreixen els casos del dipòsit natural de la neu. En cobertes accessibles per a persones o vehicles, s'han de considerar les possibles acumulacions degudes a redistribucions artificials de la neu. Així mateix, s'han de tenir en compte les condicions constructives particulars que facilitin l'acumulació de neu.

#### 3.5.1 Determinació de la càrrega de neu

- 1 En cobertes planes d'edificis de pisos situats en localitats d'altitud inferior a 1.000 m, és suficient considerar una càrrega de neu d'1,0 kN/m<sup>2</sup>. En altres casos o en estructures lleugeres, sensibles a càrrega vertical, els valors es poden obtenir com s'indica a continuació.
- 2 Com a valor de càrrega de neu per unitat de superfície en projecció horitzontal,  $q_n$ , es pot prendre:
- $$q_n = \mu \cdot s_k \quad (3.2)$$
- on:
- $\mu$  és el coeficient de forma de la coberta segons 3.5.3
- $s_k$  és el valor característic de la càrrega de neu sobre un terreny horitzontal segons 3.5.2
- 3 Quan la construcció estigui protegida de l'acció de vent, el valor de càrrega de neu es pot reduir un 20%. Si es troba en un emplaçament fortament exposat, el valor s'ha d'augmentar un 20%.
- 4 Per al càlcul dels elements volats de la coberta d'edificis situats en altituds superiors a 1.000 m s'ha de considerar, a més de la càrrega superficial de neu, una càrrega lineal  $p_n$ , a la vora de l'element, deguda a la formació de gel, i que és donada per l'expressió (on  $k = 3$  metres):
- $$p_n = k \cdot \mu^2 \cdot s_k \quad (3.3)$$

## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

- 5 La càrrega que actua sobre elements que impedeixin l'esllavissament de la neu es pot deduir a partir de la massa de neu que pot lliscar. A aquests efectes s'ha de suposar que el coeficient de fricció entre la neu i la coberta és nul.

### 3.5.2 Càrrega de neu sobre un terreny horitzontal

- 1 El valor de la sobrecàrrega de neu sobre un terreny horitzontal,  $s_k$ , a les capitals de província i ciutats autònomes es pot prendre de la taula 3.8.

Taula 3.8 Sobrecàrrega de neu a capitals de província i ciutats autònomes

Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>	Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>	Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almeria	0	0,2	Osca	470	0,7	St. Sebastià/Donostia	0	0,3
Àvila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	Lleó	820	1,2	Segòvia	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lleida	150	0,5	Sevilla	10	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logronyo	380	0,6	Sòria	1.090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Càceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	0	0,2
Cadís	0	0,2	Màlaga	0	0,2	Terol	950	0,9
Castelló	0	0,2	Múrcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Ourense	130	0,4	València	0	0,2
Còrdova	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	690	0,4
A Coruña	0	0,3	Palència	740	0,4	Vitòria / Gasteiz	520	0,7
Conca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	650	0,4
Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Saragossa	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7	Ceuta i Melilla	0	0,2

- 2 En altres localitats el valor es pot deduir de l'annex E, en funció de la zona i de l'altitud topogràfica de l'emplaçament de l'obra.
- 3 En emplaçaments amb altituds superiors a les màximes tabulades a l'annex esmentat, com a càrrega de neu s'ha d'adoptar la indicada per l'ordenança municipal, quan n'hi hagi, o establir a partir de les dades empíriques disponibles.
- 4 El pes específic de la neu acumulada és molt variable. Així, es poden adoptar 0,12 kN/m<sup>3</sup> per a l'acabada de caure, 0,20 kN/m<sup>3</sup> per a la premuada o humida, i 0,40 kN/m<sup>3</sup> per a la barrejada amb calamarsa.

### 3.5.3 Coeficient de forma

- 1 El vent pot acompanyar o seguir les nevades, la qual cosa origina un dipòsit irregular de la neu sobre les cobertes. Per això, el gruix de la capa de neu pot ser diferent a cada aiguavés. Per a la determinació del coeficient de forma de cadascun d'aquests, s'hi han d'aplicar successivament les regles següents.
- 2 En un aiguavés limitat inferiorment per cornises o cavallons, i en el qual no hi ha impediment perquè hi llisqui la neu, el factor de forma té el valor d'1 per a cobertes amb inclinació inferior o igual a 30° i 0 per a cobertes amb inclinació superior o igual a 60° (per a valors intermedis s'ha d'interpol·lar linealment). Si hi ha impediment, es pren  $\mu = 1$ , sigui quina sigui la inclinació.
- 3 En un aiguavés que limita inferiorment amb un aiguafons, fet que suposa un impediment perquè hi llisqui la neu, es distingeixen dos casos:
  - a) si l'aiguavés successiu està inclinat en el mateix sentit, com a factor de forma del de sobre es prenà el corresponent a la inclinació del de sota.
  - b) si està inclinat en sentit contrari, i la semisuma de les inclinacions,  $\beta$ , és més gran de 30°, el factor de forma de tots dos és de 2,0; en altres casos, és  $\mu = 1 + \beta/30^\circ$

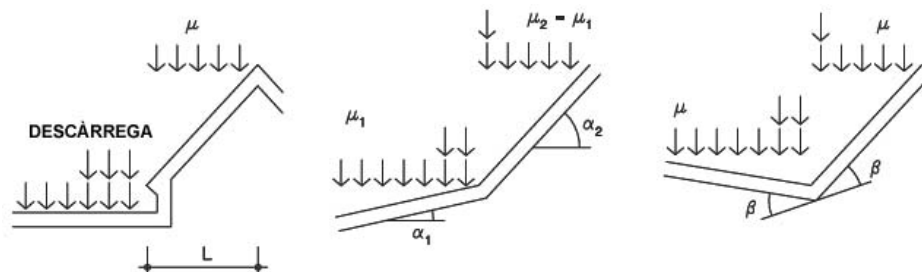


Figura 3.3 Factor de forma en aiguavessos

- 4 S'han de tenir en compte les possibles distribucions asimètriques de neu, degudes al seu transport per efecte del vent, tot reduint a la meitat el factor de forma en les parts en què l'acció sigui favorable.

### 3.5.4 Acumulació de neu

- 1 Addicionalment, en els aiguavessos limitats inferiorment per cavallons i el coeficient de forma dels quals,  $\mu$ , sigui menor que la unitat, descarreguen part de la neu aigua avall. Aquesta descàrrega ocasiona acumulacions de neu si hi ha discontinuïtats com ara aiguafons o canvis de nivell en aquesta direcció. La descàrrega total per unitat de longitud,  $p_d$ , es pot avaluar com:

$$p_d = (1 - \mu) \cdot L \cdot s_k \quad (3.4)$$

on:

$L$  és la projecció horitzontal mitjana de la recta de màxim pendent de l'aiguavés.

- 2 L'acumulació de neu sobre una discontinuïtat (aiguafons o canvi de nivell) aigua avall de l'aiguavés se simula mitjançant una càrrega lineal,  $p_a$ , de valor:

$$p_a = \min(\mu_i, 1) \cdot p_d \quad (3.5)$$

que es pot suposar que es reparteix uniformement en una amplada no superior a 2,0 m a una banda o l'altra de l'aiguafons o del canvi de nivell.

- 3 Si queda descàrrega per repartir ( $p_d > p_a$ ), es considera una altra discontinuïtat més a sota sotmesa a la càrrega restant, i així successivament fins a repartir la totalitat de la descàrrega o arribar al perímetre de l'edifici. En qualsevol cas, la suma de totes les càrregues sobre discontinuïtats no pot ser superior a la descàrrega total de l'aiguavés.
- 4 Sobre cada discontinuïtat s'han de sumar, si s'escau, les descàrregues que puguin provenir dels diferents aiguavessos que hi hagi aigua amunt.

## 4 Accions accidentals

### 4.1 Sisme

- 1 Les accions sísmiques estan regulades en la NSCE, Norma de construcció sismoresistent: part general i edificació.

### 4.2 Incendi

- 1 Les accions degudes a l'agressió tèrmica de l'incendi estan definides en el DB-SI
- 2 A les zones de trànsit de vehicles destinats als serveis de protecció contra incendis, s'ha de considerar una acció de 20 kN/m<sup>2</sup> disposats en una superfície de 3 m d'ample per 8 m de llarg, en qualsevol de les posicions d'una banda de 5 m d'ample, i les zones de maniobra, per on es prevegi i se senyalitzi el pas d'aquest tipus de vehicles.
- 3 Per a la comprovació local de les zones esmentades, s'ha de suposar, independentment de l'anterior, l'actuació d'una càrrega de 45 kN, actuant en una superfície quadrada de 200 mm de banda sobre el paviment acabat, en un dels seus punts qualsevol.

### 4.3 Impacte

#### 4.3.1 Generalitats

- 1 Les accions sobre un edifici causades per un impacte depenen de la massa, de la geometria i de la velocitat del cos impactant, així com de la capacitat de deformació i d'amortiment tant del cos com de l'element contra el qual impacta.
- 2 Llevat que s'adoptin mesures de protecció, l'eficàcia de les quals caldria verificar, amb la finalitat de disminuir la probabilitat d'ocurrència d'un impacte o d'atenuar-ne les conseqüències en cas que es produís, els elements resistents afectats per un impacte s'han de dimensionar tenint en compte les accions degudes a aquest, amb la finalitat d'aconseguir una seguretat estructural adequada.
- 3 L'impacte d'un cos sobre un edifici es pot representar mitjançant una força estàtica equivalent que tingui en compte els paràmetres esmentats.
- 4 Aquest Document bàsic considera només les accions degudes a impactes accidentals (i, per tant, en queden exclosos els premeditats), com ara la de l'impacte d'un vehicle o la caiguda del contrapès d'un aparell elevador.

#### 4.3.2 Impacte de vehicles

- 1 L'acció d'impacte de vehicles des de l'exterior de l'edifici s'ha de considerar on i quan ho estableixi l'ordenança municipal. L'impacte des de l'interior s'ha de considerar en totes les zones l'ús de les quals comporti la circulació de vehicles.
- 2 Els valors de càlcul de les forces estàtiques equivalents degudes a l'impacte de vehicles de fins a 30 kN de pes total són de 50 kN en la direcció paral·lela a la via i de 25 kN en la direcció perpendicular, i no actuen simultàniament.
- 3 La força equivalent d'impacte es considera que actua en un pla horitzontal i s'ha d'aplicar sobre una superfície rectangular de 0,25 m d'altura i una amplada d'1,5 m, o l'amplada de l'element si és menor, i a una altura de 0,6 m per damunt del nivell de rodolament, en el cas d'elements verticals, o l'altura de l'element, si és menor que 1,8 m en els horitzontals.
- 4 En zones en les quals es prevegi la circulació de carretons elevadors, el valor de càlcul de la força estàtica equivalent deguda al seu impacte ha de ser igual a cinc vegades el pes màxim autoritzat del carretó. S'ha d'aplicar sobre una superfície rectangular de 0,4 m d'altura i una amplada d'1,5 m, o l'amplada de l'element si és menor, i a una altura que depèn de la forma del carretó; en absència d'informació específica, se suposa una altura de 0,75 m per damunt del nivell de rodolament.

---

Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

---

- 5 Les característiques del carretó considerat s'han de reflectir en la memòria del projecte i en les instruccions d'ús i manteniment.
- 6 Quan en les instruccions d'ús i manteniment de l'edifici s'esmenti un altre tipus de vehicles, per exemple helicòpters, s'han de definir en el projecte el valor característic i el model utilitzat per a l'acció corresponent.

#### **4.4. Altres accions accidentals**

- 1 Als edificis amb usos com ara fàbriques químiques, laboratoris o magatzems de materials explosius, s'han de fer constar en el projecte les accions accidentals específiques considerades, amb indicació del seu valor característic i el seu model.

## Annex A. Terminologia

- 1 A continuació es defineixen alguns termes tècnics que s'utilitzen en aquest Document bàsic. Els termes de caràcter general estan definits en el document DB-SE.

**Càrrega:** força, deguda a la gravetat, que actua sobre un edifici i que interessa la seva estructura.

**Càrrega de neu:** càrrega produïda per la neu.

**Esveltesa d'un edifici:** relació entre la màxima altura sobre rasant i el fons en la direcció del vent.

**Impacte:** col·lisió entre un cos en moviment i una construcció.

**Període de retorn:** probabilitat d'ocurrència d'un determinat esdeveniment en un període de referència definit.

**Pes propi:** càrrega produïda per la gravetat en la massa dels elements constructius.

**Sobrecàrrega d'ús:** pes de tot el que pot gravitar sobre l'edifici per raó del seu ús.

**Superfície d'aplicació:** superfície sobre la qual actua una força concentrada.

**Temperatura ambient:** temperatura de l'aire exterior en l'emplaçament d'un edifici.

## Annex B. Notacions i unitats

### B.1 Notacions

#### 1 Majúscules llatines

A	Àrea; altitud sobre el nivell del mar; constant
Z	Paràmetre de l'aspresa de l'entorn

#### 2 Minúscules llatines

$C_e$	Coeficient d'exposició
$C_{pe}$	Coeficient de pressió exterior
$C_{pi}$	Coeficient de pressió interior
d	Diàmetre; gruix; longitud de l'edifici
e	Dimensió
h	Altura de l'edifici
$h_m$	Altura mitjana
k	Coeficient de forma de la neu penjada; coeficient del terreny
m	Massa
n	Nombre; coeficient
p	Càrrega distribuïda en línia
q	Càrrega uniformement distribuïda en superfície
$q_b$	Valor bàsic de la pressió dinàmica del vent
$s_k$	Valor característic de la càrrega de neu sobre un terreny horitzontal
$v_b$	Valor bàsic de la velocitat del vent
x	Distància
z	Altura de referència

#### 3 Gregues

$\alpha$	Pendent d'una coberta
$\beta$	Angle
$\mu$	Coeficient de forma per determinar la càrrega de neu
$\theta$	Angle de direcció del vent
$\rho$	Densitat de l'aire
$\varphi$	Factor d'obstrucció

### B.3 Unitats

1 S'utilitza el sistema internacional d'unitats de mesura, SI.

2 Per als càlculs es recomana l'ús de les unitats següents:

- Forces i càrregues:	kN, kN/m, kN/m <sup>2</sup>
- Massa:	kg
- Longitud:	m, mm
- Tensions:	N/mm <sup>2</sup> ; kN/m <sup>2</sup>
- Moments:	kN·m

3 A efectes pràctics es pot considerar la correspondència següent entre les unitats de força dels sistemes MKS i SI: 1 kilopond [1 kp] = 10 newton [10 N].



## Annex C. Promptuari de pesos i coeficients de fricció interna

Taula C.1 Pes específic aparent de materials de construcció

Materials i elements	Pes específic aparent kN/m <sup>3</sup>	Materials i elements	Pes específic aparent kN/m <sup>3</sup>
<b>Materials d'obra de paleta</b>		<b>Fusta</b>	
Gres	21,0 a 27,0	Serrada, tipus C14 a C40	3,5 a 5,0
Basalt	27,0 a 31,0	Laminada encolada	3,7 a 4,4
Calcàries compactes, marbres	28,0	Tauler contraxapat	5,0
Diorita, gneis	30,0	Tauler cartró gris	8,0
Granit	27,0 a 30,0	Aglomerat amb ciment	12,0
Sienita, diorita, pòfir	28,0	Tauler de fibres	8,0 a 10,0
Terracota compacta	21,0 a 27,0	Tauler lleuger	4,0
<b>Fàbriques</b>		<b>Metalls</b>	
Bloc buit de ciment	13,0 a 16,0	Acer	77,0 a 78,5
Bloc buit de guix	10,0	Alumini	27,0
Maó ceràmic massís	18,0	Bronze	83,0 a 85,0
Maó ceràmic perforat	15,0	Coure	87,0 a 89,0
Maó ceràmic buit	12,0	Estany	74,0
Maó silicocalcari	20,0	Ferro colat	71,0 a 72,5
<b>Maçoneria amb morter</b>		Ferro forjat	76,0
de gres	24,0	Llautó	83,0 a 85,0
de basalt	27,0	Plom	112,0 a 114,0
de calcària compacta	26,0	Zinc	71,0 a 72,0
de granit	26,0	<b>Plàstics i orgànics</b>	
<b>Cadiratge</b>		Cautxú en planxa	17,0
de gres	26,0	Làmina acrílica	12,0
de gres o calcària poroses	24,0	Linòleum en planxa	12,0
de basalt	30,0	Màstic en planxa	21,0
de calcària compacta o marbre	28,0	Poliestirè expandit	0,3
de granit	28,0	<b>Altres</b>	
<b>Formigons i morters</b>		Tova	16,0
Formigó lleuger	9,0 a 20,0	Asfalt	24,0
Formigó normal <sup>(1)</sup>	24,0	Rajola ceràmica	18,0
Formigó pesant	> 28,0	Rajola de gres	19,0
Morter de ciment	19,0 a 23,0	Paper	11,0
Morter de guix	12,0 a 28,0	Pissarra	29,0
Morter de ciment i calç	18,0 a 20,0	Vidre	25,0
Morter de calç	12,0 a 18,0		

<sup>(1)</sup> En formigó armat amb armats usuals o fresc augmenta 1 kN/m<sup>3</sup>

Taula C.2 Pes per unitat de superfície d'elements de cobertura

Materials i elements	Pes kN/m <sup>2</sup>	Materials i elements	Pes kN/m <sup>2</sup>
Aïllant (llana de vidre o roca)		Tauler de fusta, 25 mm gruix	0,15
per cada 10 mm de gruix	0,02	Tauler de rajola, un full	
Xapes grecades, cantell 80 mm		un full sense revestir	0,40
Acer 0,8 mm gruix	0,12	un full més estès de guix	0,50
Alumini, 0,8 mm gruix	0,04	Teules planes (sense enllistonat)	
Plom, 1,5 mm gruix	0,18	lleugeres (24 kg/peça)	0,30
Zinc, 1,2 mm gruix	0,10	corrents (3,0 kg/peça)	0,40
Cartró embreat, per capa	0,05	pesants (3,6 kg/peça)	0,50
Enllistonat	0,05	Teules corbes (sense enllistonat)	
Full de plàstic armat, 1,2 mm	0,02	lleugeres (1,6 kg/peça)	0,40
Pissarra, sense enllistonat		corrents (2,0 kg/peça)	0,50
cavalcament simple	0,20	pesants (2,4 kg/peça)	0,60
cavalcament doble	0,30	Vidriera (incloent-hi la fusteria)	
Plaques de fibrociment, 6 mm gruix	0,18	vidre normal, 5 mm gruix	0,25
		vidre armat, 6 mm gruix	0,35

## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

Taula C.3 Pes per unitat de superfície d'elements de pavimentació

Materials i elements	Pes kN/m <sup>2</sup>	Materials i elements	Pes kN/m <sup>2</sup>
Rajola hidràulica o ceràmica (incloent-hi material d'unió)		Linòleum o lloseta de goma i morter	
0,03 m de gruix total	0,50	20 mm de gruix total	0,50
0,05 m de gruix total	0,80	Parc i tarima de 20 mm de gruix sobre llates d'empostissar	0,40
0,07 m de gruix total	1,10	Tarima de 20 mm de gruix llates d'empostissar rebudes amb guix	0,30
Suro aglomerat		Terratzo sobre morter, 50 mm gruix	0,80
tarima de 20 mm i llata d'empostissar	0,40		

Taula C.4 Pes per unitat de superfície d'envans

Envans (sense revestir)	Pes kN/m <sup>2</sup>	Revestiments (per cara)	Pes kN/m <sup>2</sup>
Rajola, 30 mm de gruix	0,40	Arrebossat o estucat de ciment	0,20
Maó buit, 45 mm de gruix	0,60	Estucat de calç, estuc	0,15
de 90 mm de gruix	1,00	Guarniment i lliscat de guix	0,15

Taula C.5 Pes propi d'elements constructius

Element	Pes
<b>Forjats</b>	kN / m <sup>2</sup>
Xapa grecada amb capa de formigó; gruix total < 0,12 m	2
Forjat unidireccional, llums de fins a 5 m; gruix total < 0,28 m	3
Forjat unidireccional o bidireccional; gruix total < 0,30 m	4
Forjat bidireccional, gruix total < 0,35 m	5
Llosa massissa de formigó, gruix total 0,20 m	5
<b>Tancaments i particions</b> (per a una altura lliure de l'ordre de 3,0 m) fins i tot lliscat	kN / m
Tauler o envà simple; gruix total < 0,09 m	3
Paredó o full simple d'obra de paleta; gruix total < 0,14 m	5
Full d'obra exterior i envà interior; gruix total < 0,25 m	7
<b>Paviments</b> (incloent-hi material d'unió)	kN / m <sup>2</sup>
Làmina enganxada o moqueta; gruix total < 0,03 m	0,5
Paviment de fusta, ceràmic o hidràulic sobre plastó; gruix total < 0,08 m	1,0
Plaques de pedra, o esglaonat; gruix total < 0,15 m	1,5
<b>Coberta, sobre forjat</b> (pes en projecció horitzontal)	kN / m <sup>2</sup>
Aiguavessos de xapa, tauler o panells lleugers	1,0
Aiguavessos de plaques, teula o pissarra	2,0
Aiguavessos de teula sobre taulers i envanets de sostremort	3,0
Coberta plana, recrescut, amb impermeabilització vista protegida	1,5
Coberta plana, a la catalana o invertida amb acabat de grava	2,5
<b>Rebliments</b>	kN / m <sup>3</sup>
Aigua en cisternes o piscines	10
Terreny, com en jardineres, incloent-hi material de drenatge <sup>(1)</sup>	20

<sup>(1)</sup> El pes total ha de tenir en compte la possible desviació de gruix respecte a l'indicat en plànols.

## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

Taula C.6 Pes específic i angle de fricció de materials emmagatzemables i a granel<sup>(1)</sup>

Material	Pes kN/m <sup>3</sup>	Angle	Material	Pes kN/m <sup>3</sup>	Angle
Sorra	14 a 19	30°	Carbó en llenya de trossos	4	45°
Sorra de pedra tosca	7	35°	Hulla		
Sorra i grava	15 a 20	35°	briquetes amuntegades	8	35°
Calç solta	13	25°	briquetes apilades	13	-
Ciment clínquer solt	16	28°	en brut, de mina	10	35°
Ciment en sacs	15		polvoritzada	7	25°
Escòria d'alts forns			Llenya	5,4	45°
trossejada	17	40°	Llignit		
granulada	12	30°	briquetes amuntegades	7,8	30°
triturada, d'espuma	9	35°	briquetes apilades	12,8	-
Polièster en resina	12	-	en brut polvoritzat	7,8 a 9,8	30° a 40°
Polietilè, poliestirol granulat	6,4	30°		4,9	25° a 40°
Resines i coles	13	-	Torba negra i seca		
Guix solt	15	25°	molt empaquetada	6 a 9	-
Aigua dolça	10	-	amuntegada i solta	3 a 6	45°

<sup>(1)</sup> En l'ENV 1990 es poden trobar valors addicionals de materials agrícoles, industrials i altres.

## Annex D. Acció del vent

### D.1 Pressió dinàmica

- 1 El valor bàsic de la pressió dinàmica del vent es pot obtenir amb l'expressió:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2 \quad (D.1)$$

on  $\delta$  és la densitat de l'aire i  $v_b$  el valor bàsic de la velocitat del vent.

- 2 El valor bàsic de la velocitat del vent correspon al valor característic de la velocitat mitjana del vent al llarg d'un període de 10 minuts, presa en una zona plana i desprotegida enfront del vent (**Grau d'aspresa de l'entorn II** segons taula D.2) a una altura de 10 m sobre el terra. El valor característic de la velocitat del vent esmentada queda definit com el valor que té una probabilitat anual de ser sobrepasat de 0,02 (període de retorn de 50 anys).
- 3 La densitat de l'aire depèn, entre altres factors, de l'altitud, de la temperatura ambiental i de la fracció d'aigua en suspensió. En general es pot adoptar el valor d' $1,25 \text{ kg/m}^3$ . En emplaçaments molt pròxims al mar, on sigui molt probable l'acció de la rosada, la densitat pot ser més gran.
- 4 El valor bàsic de la velocitat del vent a cada localitat es pot obtenir del mapa de la figura D.1. El de la pressió dinàmica és, respectivament, de  $0,42 \text{ kN/m}^2$ ,  $0,45 \text{ kN/m}^2$  i  $0,52 \text{ kN/m}^2$  per a les zones A, B i C del mapa esmentat.



Figura D.1 Valor bàsic de la velocitat del vent,  $v_b$

- 5 Per a comprovacions d'estats límit de servei, la velocitat bàsica indicada en paràgrafs anteriors es pot modificar amb el coeficient de la taula D.1 segons el període de retorn considerat, prenent per a aquesta variable un temps igual al període de servei amb el qual es projecta l'edifici.

## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

Taula D.1 Correcció de la velocitat bàsica en funció del període de servei

Període de retorn (anys)	1	2	5	10	20	50	200
Coefficient corrector	0,41	0,78	0,85	0,90	0,95	1,00	1,08

**D.2 Coeficient d'exposició**

- 1 El coeficient d'exposició  $c_e$  per a altures sobre el terreny,  $z$ , no superiors a 200 m, es pot determinar amb l'expressió:

$$c_e = F \cdot (F + 7 k) \quad (D.2)$$

$$F = k \ln (\max (z, Z) / L) \quad (D.3)$$

on  $k$ ,  $L$ ,  $Z$  són paràmetres característics de cada tipus d'entorn, segons la taula D.2

Taula D.2 Coeficients per a tipus d'entorn

Grau d'aspra de l'entorn	Paràmetre		
	$k$	$L$ (m)	$Z$ (m)
I Vora del mar o d'un llac, amb una superfície d'aigua en la direcció del vent d'almenys 5 km de longitud	0,15	0,003	1,0
II Terreny rural pla sense obstacles ni arbrat d'importància	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o plana amb alguns obstacles aïllats, com ara arbres o construccions petites	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centre de negoci de grans ciutats, amb profusió d'edificis en altura	0,24	1,0	10,0

**D.3 Coeficients de pressió exterior**

- 1 Els coeficients de pressió exterior o eòlic,  $c_p$ , depenen de la direcció relativa del vent, de la forma de l'edifici, de la posició de l'element considerat i de la seva àrea d'influència.
- 2 En les taules D.3 a D.13 es donen valors de coeficients de pressió per a diverses formes simples de construccions, obtinguts com el pèssim entre els del ventall de direccions de vent definides en cada cas. En totes aquestes, la variable  $A$  es refereix a l'àrea d'influència de l'element o punt considerat. El signe " " indica que el valor és idèntic al de la casella superior. Quan s'aporten dos valors de diferent signe separats, significa que l'acció de vent a la zona considerada pot variar de pressió a succió, i s'han de considerar les dues possibilitats. En totes les taules es pot interpolar linealment per a valors intermedis de les variables. Els valors nuls s'ofereixen per poder interpolar.
- 3 Per a comprovacions locals d'elements de façana o coberta, l'àrea d'influència és la del mateix element. Per a comprovacions d'elements estructurals subjacents, l'àrea d'assignació de càrrega. Si la zona tributària de l'element es desenvolupa en dues o més zones de les establertes en les taules, com és el cas d'anàlisis d'elements estructurals generals, l'ús dels coeficients tabulats opera del costat de la seguretat, atès que no representen valors simultanis de l'acció de vent.
- 4 Per a elements amb àrea d'influència  $A$ , entre  $1 \text{ m}^2$  i  $10 \text{ m}^2$ , el coeficient de pressió exterior es pot obtenir mitjançant l'expressió següent:

$$c_{pe,A} = c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \cdot \log_{10} A \quad (D.4)$$

on:

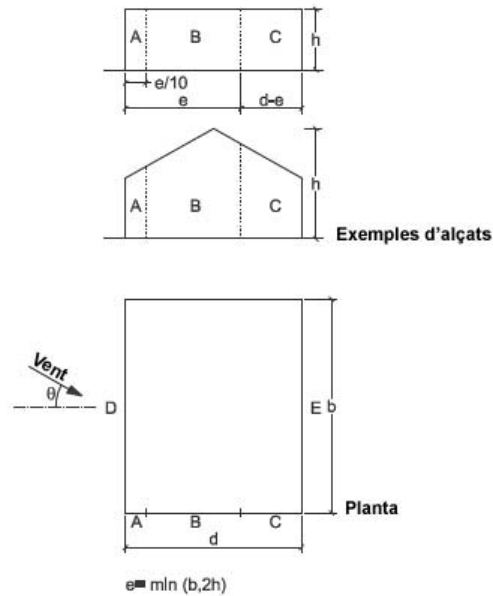
$c_{pe,10}$  és el coeficient de pressió exterior per a elements amb una àrea d'influència  $A \geq 10 \text{ m}^2$

$c_{pe,1}$  és el coeficient de pressió exterior per a elements amb una àrea d'influència  $A \leq 1 \text{ m}^2$

## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

- 5 En cas de construccions amb forma diferent de les establertes aquí, s'ha de procedir per analogia, considerant, si escau, que el volum està format per la construcció considerada i les mitgeres.

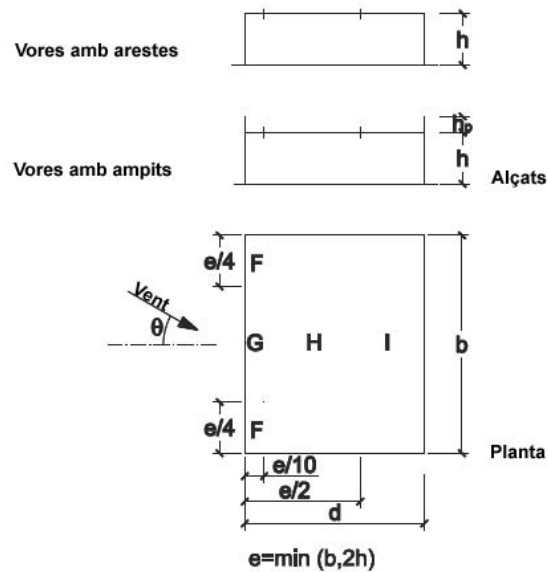
Taula D.3 Paraments verticals



A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (segons figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
$\geq 10$	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
$\leq 1$	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	"	-0,3

## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

Taula D.4 Cobertes planes



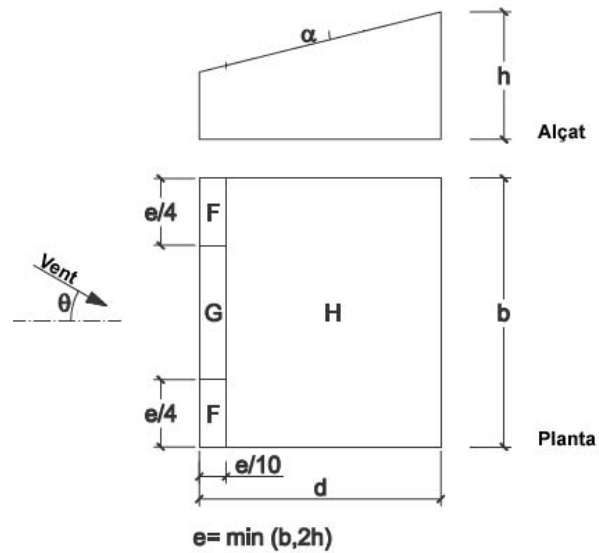
		A (m <sup>2</sup> )	Zona (segons figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$			
			F	G	H	I
Vores amb arestes	$\geq 10$	$\geq 10$	-1,8	-1,2	-0,7	0,2 -0,2
	$\leq 1$	$\leq 1$	-2,5	-2,0	-1,2	0,2 -0,2
Amb ampits	$\geq 10$ $\leq 1$	$\geq 10$	-1,6	-1,1	-0,7	0,2 -0,2
		$\leq 1$	-2,2	-1,8	-1,2	0,2 -0,2
	$\geq 10$ $\leq 1$	$\geq 10$	-1,4	-0,9	-0,7	0,2 -0,2
		$\leq 1$	-2,0	-1,6	-1,2	0,2 -0,2
$\geq 10$ $\leq 1$	$\geq 10$	1,2	-0,8	-0,7	0,2 -0,2	
	$\leq 1$	-1,8	-1,4	-1,2	0,2 -0,2	

Nota:

- Es consideren cobertes planes les que tenen un pendent no superior a  $5^\circ$

## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

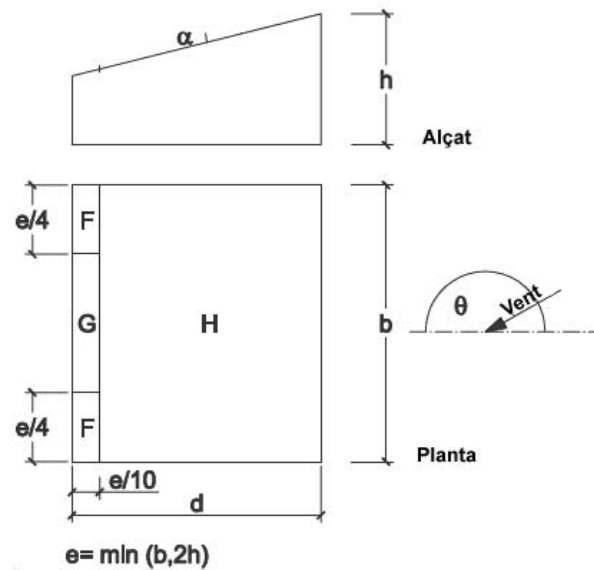
Taula D.5 Cobertes d'un aiguavés

a) Direcció del vent  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ 

Pendent de la coberta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (segons figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$		
		F	G	H
5°	$\geq 10$	-1,7 +0,0	-1,2 +0,0	-0,6 +0,0
	$\leq 1$	-2,5 +0,0	-2,0 +0,0	-1,2 +0,0
15°	$\geq 10$	-0,9 0,2	-0,8 0,2	-0,3 0,2
	$\leq 1$	-2,0 0,2	-1,5 0,2	-0,3 0,2
30°	$\geq 10$	-0,5 0,7	-0,5 0,7	-0,2 0,4
	$\leq 1$	-1,5 0,7	-1,5 0,7	-0,2 0,4
45°	$\geq 10$	-0,0 0,7	-0,0 0,7	-0,0 0,6
	$\leq 1$	-0,0 0,7	-0,0 0,7	-0,0 0,6
60°	$\geq 10$	0,7	0,7	0,7
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,7
75°	$\geq 10$	0,8	0,8	0,8
	$\leq 1$	0,8	0,8	0,8

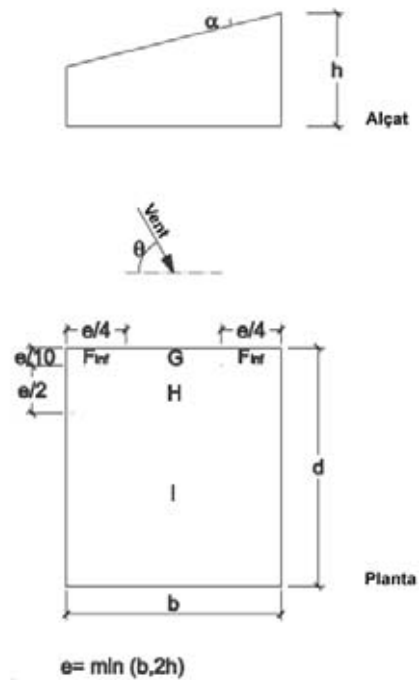


## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

b) Direcció del vent  $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$ 

Pendent de la coberta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (segons figura), $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$		
		F	G	H
5°	$\geq 10$	-2,3	-1,3	-0,8
	$\leq 1$	-2,5	-2,0	-1,2
15°	$\geq 10$	-2,5	-1,3	-0,9
	$\leq 1$	-2,8	-2,0	-1,2
30°	$\geq 10$	-1,1	-0,8	-0,8
	$\leq 1$	-2,3	-1,5	-0,8
45°	$\geq 10$	-0,6	-0,5	-0,7
	$\leq 1$	-1,3	-0,5	-0,7
60°	$\geq 10$	-0,5	-0,5	-0,5
	$\leq 1$	-1,0	-0,5	-0,5
75°	$\geq 10$	-0,5	-0,5	-0,5
	$\leq 1$	-1,0	-0,5	-0,5

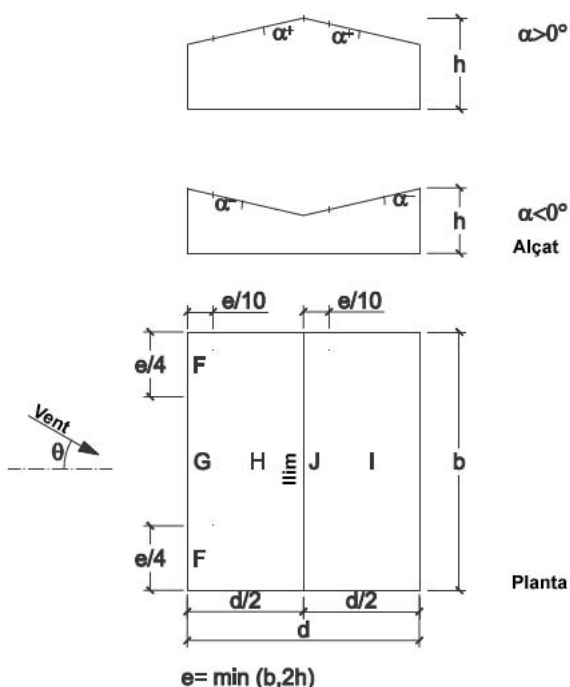
## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

c) Direcció del vent  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ 

Pendent de la coberta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (segons figura), $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$				
		F <sub>inf</sub>	F <sub>sup</sub>	G	H	I
5°	≥ 10	-2,1	-2,1	-1,8	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,4	-2,6	-2,0	-1,2	-0,5
15°	≥ 10	-1,6	-2,4	-1,9	-0,8	-0,7
	≤ 1	-2,4	2,9	-2,5	-1,2	-1,2
30°	≥ 10	-1,3	-2,1	-1,5	-1,0	-0,8
	≤ 1	-2,0	-2,9	-2,0	-1,3	-1,2
45°	≥ 10	-1,3	-1,5	-1,4	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,0	-2,4	-2,0	-1,3	-1,2
60°	≥ 10	-1,2	-1,2	-1,2	-1,0	-0,7
	≤ 1	-2,0	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
75°	≥ 10	-1,2	-1,2	-1,2	-1,0	-0,5
	≤ 1	-2,0	-2,0	-2,0	-1,3	-0,5

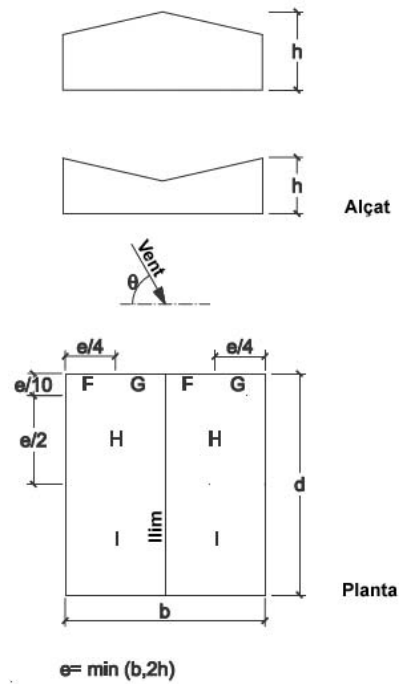
Taula D.6 Cobertes de dos aiguavessos

a) Direcció del vent  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



Pendent de la coberta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (segons figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	$\geq 10$	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	$\leq 1$	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	$\geq 10$	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	$\leq 1$	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	$\geq 10$	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	$\leq 1$	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	$\geq 10$	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	$\leq 1$	-2,5	-2	-1,2	-0,6	-0,6
5°	$\geq 10$	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	$\leq 1$	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	$\geq 10$	-2,5	-2	-1,2	0,2	0,2
	$\leq 1$	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
30°	$\geq 10$	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	$\leq 1$	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
45°	$\geq 10$	-2	-1,5	-0,3	-0,4	-1,5
	$\leq 1$	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
60°	$\geq 10$	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,4	0	0
75°	$\geq 10$	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4	-0,5
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,4	0	0
80°	$\geq 10$	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
85°	$\geq 10$	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
90°	$\geq 10$	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
95°	$\geq 10$	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
	$\leq 1$	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

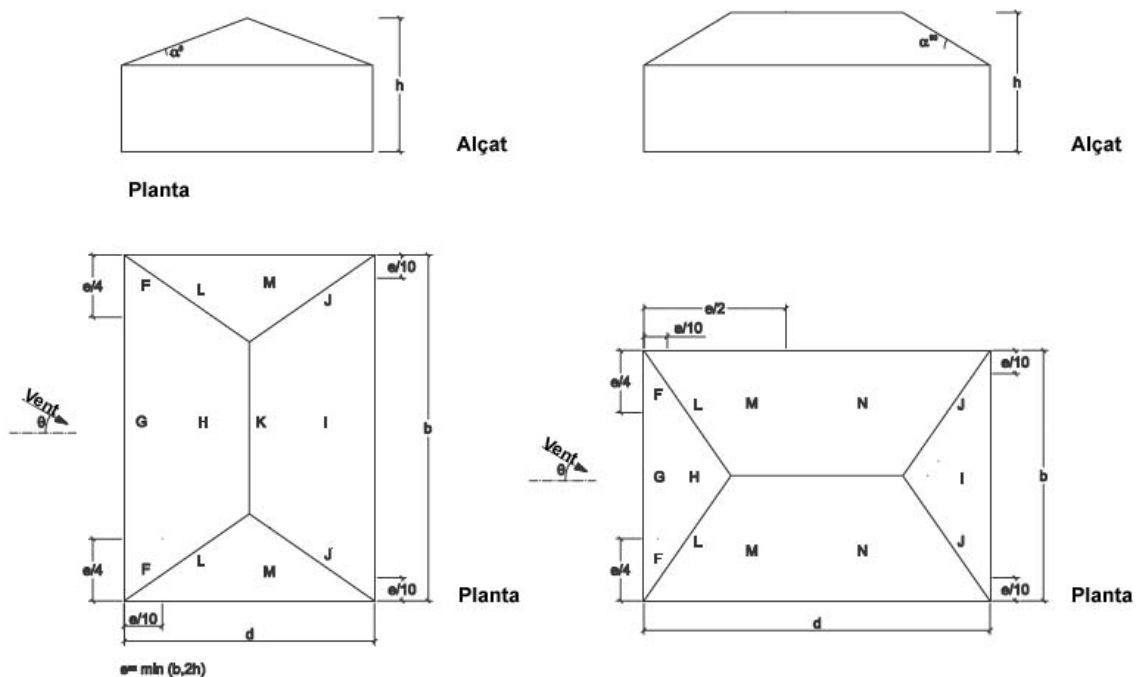
b) Direcció del vent  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ 

Pendent de la coberta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (segons figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
-45°	$\geq 10$	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9
	$\leq 1$	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
-30°	$\geq 10$	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	$\leq 1$	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
-15°	$\geq 10$	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8
	$\leq 1$	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
-5°	$\geq 10$	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
	$\leq 1$	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
5°	$\geq 10$	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
	$\leq 1$	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6
15°	$\geq 10$	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	$\leq 1$	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
30°	$\geq 10$	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
45°	$\geq 10$	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
60°	$\geq 10$	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5
75°	$\geq 10$	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5

Nota:

- No s'han de barrejar valors positius i negatius en una sola cara.

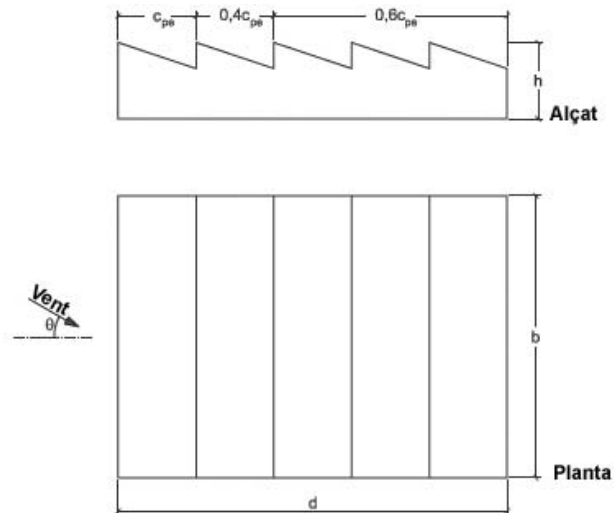
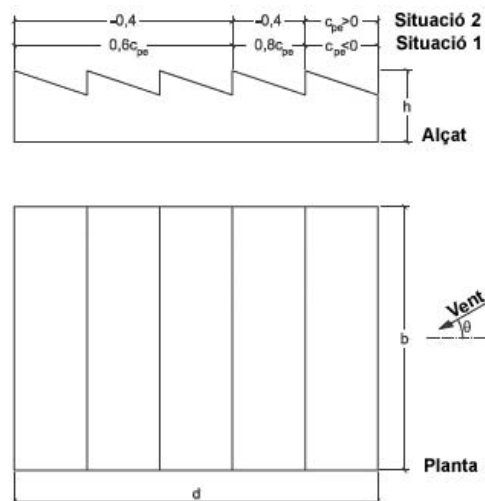
Taula D.7 Cobertes de quatre aiguavessos



Pendent de la coberta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (segons figura)								
		F	G	H	I	J	K	L	M	N
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	-0,3	-0,6	-0,6	-1,2	-0,6	-0,4
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-0,3	-0,6	-0,6	-2,0	-1,2	-0,4
15°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,5	-1,0	-1,2	-1,4	-0,6	-0,3
	≤ 1	-2,0	-1,5	-0,3	-0,5	-1,5	-2,0	-2,0	-1,2	-0,3
30°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,7	-0,5	-1,4	-0,8	-0,2
	≤ 1	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4	-1,2	-0,5	-2,0	-1,2	-0,2
45°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,3	-0,6	-0,3	-1,3	-0,8	-0,2
	≤ 1	-0,0	-0,0	-0,0	-0,3	-0,6	-0,3	-2,0	-1,2	-0,2
60°	≥ 10	+0,7	+0,7	+0,7	-0,3	-0,6	-0,3	-1,2	-0,4	-0,2
	≤ 1	+0,7	+0,7	+0,7	-0,3	-0,6	-0,3	-2,0	-0,4	-0,2
75°	≥ 10	+0,8	+0,8	+0,8	-0,3	-0,6	-0,3	-1,2	-0,4	-0,2
	≤ 1	+0,8	+0,8	+0,8	-0,3	-0,6	-0,3	-2,0	-0,4	-0,2

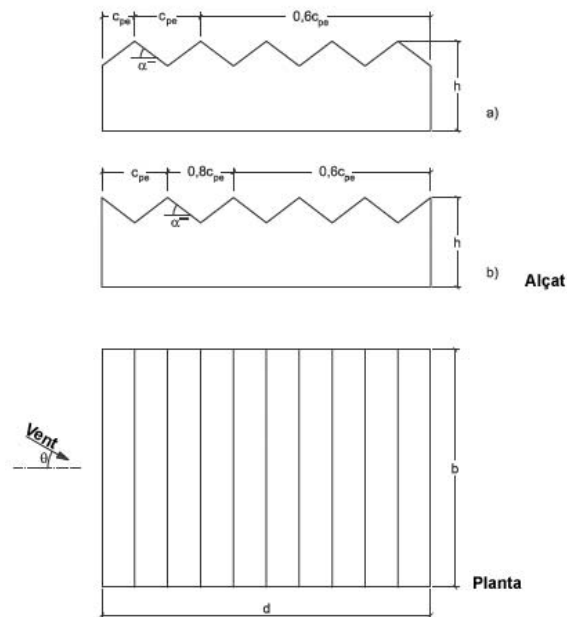
Nota:

- El pendent de la coberta a sobrevent resulta dominant per als coeficients de pressió.

**Taula D.8 Cobertes en dent de serra**a) Direcció del vent  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ b) Direcció del vent  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ **Notes:**

- Els coeficients de pressió per a cada aiguavés es poden prendre de la taula relativa a la coberta d'un aiguavés, modificant-los d'acord amb les indicacions de les figures a) i b) anteriors.
- En el cas de la figura b) s'han de considerar dues situacions. En la primera el vent exerceix una pressió sobre la coberta del primer aiguavés a sobrent, i en la segona la mateixa coberta està sotmesa a una succió del vent.

## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

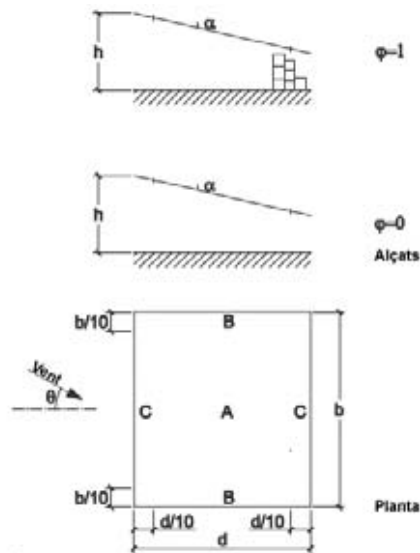
**Taula D.9 Cobertes múltiples**Direcció del vent  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ 

## Notes:

- Els coeficients de pressió per a cada parell d'aiguavessos es poden prendre de la taula relativa a cobertes de dos aiguavessos, modificant-los d'acord amb les indicacions de les figures a) i b) anteriors.
- En el cas de la figura a) els coeficients de pressió  $c_{pe}$  corresponents als mòduls extrems es poden prendre de la taula relativa a cobertes d'un aiguavés.

## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

Taula D.10 Marquesines d'un aiguavés



		Coeficients de pressió exterior			
		$c_{p,10}$			
Pendent de la coberta $\alpha$	Efecte del vent cap a	Factor d'obstrucció $\varphi$	Zona (segons figura)		
			A	B	C
0°	Avall	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,5	1,8	1,1
	Amunt	0	-0,6	-1,3	-1,4
	Amunt	1	-1,5	-1,8	-2,2
5°	Avall	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,8	2,1	1,3
	Amunt	0	-1,1	-1,7	-1,8
	Amunt	1	-1,6	-2,2	-2,5
10°	Avall	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,2	2,4	1,6
	Amunt	0	-1,5	-2,0	-2,1
	Amunt	1	-2,1	-2,6	-2,7
15°	Avall	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,4	2,7	1,8
	Amunt	0	-1,8	-2,4	-2,5
	Amunt	1	-1,6	-2,9	-3,0
20°	Avall	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,7	2,9	2,1
	Amunt	0	-2,2	-2,8	-2,9
	Amunt	1	-1,6	-2,9	-3,0
25°	Avall	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,0	3,1	2,3
	Amunt	0	-2,6	-3,2	-3,2
	Amunt	1	-1,5	-2,5	-2,8
30°	Avall	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,2	3,2	2,4
	Amunt	0	-3,0	-3,8	-3,6
	Amunt	1	-1,5	-2,2	-2,7

## Notes:

- El grau d'obstrucció del flux del vent per sota d'una marquesina es caracteritza mitjançant el factor d'obstrucció,  $\varphi$ , definit com la relació entre l'àrea obstruïda i l'àrea de la secció total sota la marquesina. Les dues àrees es consideren en un pla perpendicular a la direcció del vent.



---

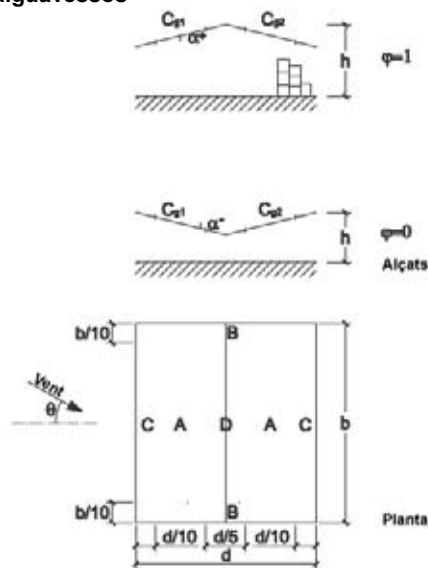
**Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació**

---

- Els coeficients de pressió i els coeficients globals tenen en compte els efectes del vent actuant sobre les dues superfícies, la superior i la inferior. Un valor negatiu del coeficient indica que l'acció del vent tendeix a aixecar la marquesina, i un valor positiu el contrari. En general, als efectes del dimensionament de les marquesines s'han de considerar les dues situacions.
- Els coeficients de pressió representen la màxima pressió localitzada sobre una àrea d'almenys 10 m<sup>2</sup>. Els coeficients de pressió es poden usar en el dimensionament dels elements de cobertura i de les seves fixacions.
- Als efectes del dimensionament de l'estructura, la resultant de l'acció del vent se suposa actuant a una distància de d/4, mesurada des de la vora de sobrevent.
- A sotavent del punt de màxim bloqueig, s'han d'utilitzar els valors dels coeficients de pressió exterior corresponents a un factor d'obstrucció  $\phi=0$ .

## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

Taula D.11 Marquesines de dos aiguavessos



Pendent de la coberta $\alpha$	Efecte del vent cap a	Factor d'obstrucció $\varphi$	Coeficients de pressió			
			$C_{p,10}$			
			Zona (segons figura)			
A	B	C	D			
-20°	Avall	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,8	1,6	0,6	1,7
	Amunt	0	-0,9	-1,3	-1,6	-0,6
	Amunt	1	-1,5	-2,4	-2,4	-0,6
-15°	Avall	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,6	1,5	0,7	1,4
	Amunt	0	-0,8	-1,3	-1,6	-0,6
	Amunt	1	-1,6	-2,7	-2,6	-0,6
-10°	Avall	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,6	1,4	0,8	1,1
	Amunt	0	-0,8	-1,3	-1,5	-0,6
	Amunt	1	-1,6	-2,7	-2,6	-0,6
-5°	Avall	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,5	1,5	0,8	0,8
	Amunt	0	-0,7	-1,3	-1,6	-0,6
	Amunt	1	-1,5	-2,4	-2,4	-0,6
5°	Avall	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,6	1,8	1,3	0,4
	Amunt	0	-0,6	-1,4	-1,4	-1,1
	Amunt	1	-1,3	-2,0	-1,8	-1,5
10°	Avall	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,7	1,8	1,4	0,4
	Amunt	0	-0,7	-1,5	-1,4	-1,4
	Amunt	1	-1,3	-2,0	-1,8	-1,8
15°	Avall	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,9	1,9	1,4	0,4
	Amunt	0	-0,9	-1,7	-1,4	-1,8
	Amunt	1	-1,3	-2,2	-1,6	-2,1
20°	Avall	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,1	1,9	1,5	0,4
	Amunt	0	-1,2	-1,8	-1,4	-2,0
	Amunt	1	-1,4	-2,2	-1,6	-2,1
25°	Avall	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,2	1,9	1,6	0,5
	Amunt	0	-1,4	-1,9	-1,4	-2,0
	Amunt	1	-1,4	-2,0	-1,5	-2,0
30°	Avall	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,3	1,9	1,6	0,7
	Amunt	0	-1,4	-1,9	-1,4	-2,0
	Amunt	1	-1,4	-1,8	-1,4	-2,0

---

**Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació**

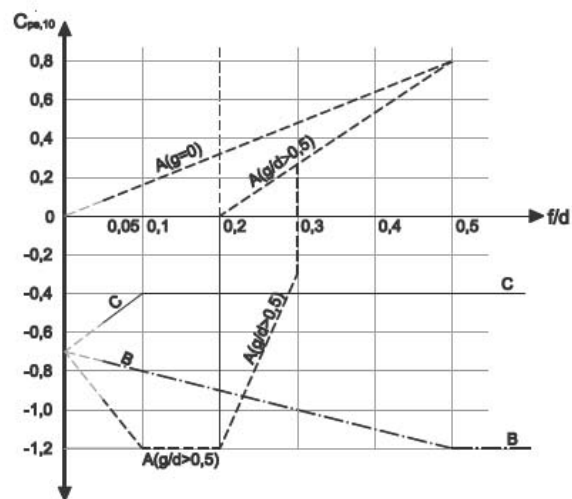
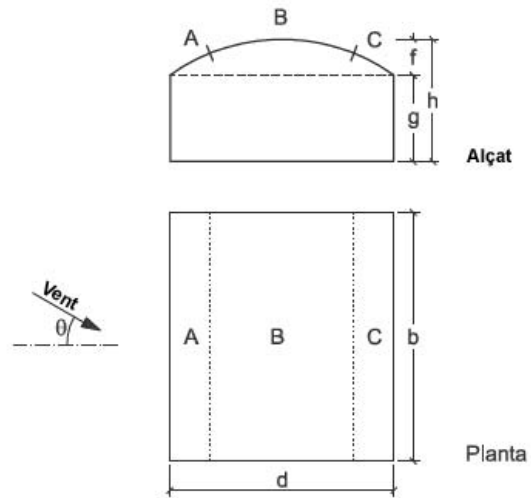
---

## Notes:

- El grau d'obstrucció del flux del vent per sota d'una marquesina es caracteritza mitjançant el factor d'obstrucció,  $\varphi$ , definit com la relació entre l'àrea obstruïda i l'àrea de la secció total sota la marquesina. Les dues àrees es consideren en un pla perpendicular a la direcció del vent.
- Els coeficients de pressió i els coeficients globals tenen en compte els efectes del vent actuant sobre les dues superfícies, la superior i la inferior. Un valor negatiu del coeficient indica que l'acció del vent tendeix a aixecar la marquesina, i un valor positiu el contrari. En general, als efectes del dimensionament de les marquesines s'han de considerar les dues situacions.
- Els coeficients de globals,  $c_g$ , representen la pressió global sobre tota la marquesina i es poden usar als efectes del dimensionament de l'estructura. Els coeficients de pressió,  $c_{p,10}$ , representen la màxima pressió localitzada sobre una àrea d'almenys  $10 \text{ m}^2$ . Els coeficients de pressió,  $c_{p,10}$ , es poden usar en el dimensionament dels elements de cobertura i de les seves fixacions.
- Als efectes del dimensionament de l'estructura, la resultant de l'acció del vent sobre cadascun dels aiguavessos s'admet actuant en el seu centre. A més, també es considera la situació en la qual el vent actua únicament sobre un dels dos aiguavessos.
- Per a factors d'obstrucció amb  $0 < \varphi < 1$ , els coeficients de sustentació i de força es poden determinar mitjançant interpolació lineal.
- A sotavent del punt de màxima obstrucció, es fan servir els valors dels coeficients de sustentació corresponents a un factor d'obstrucció  $\varphi=0$ .

## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació

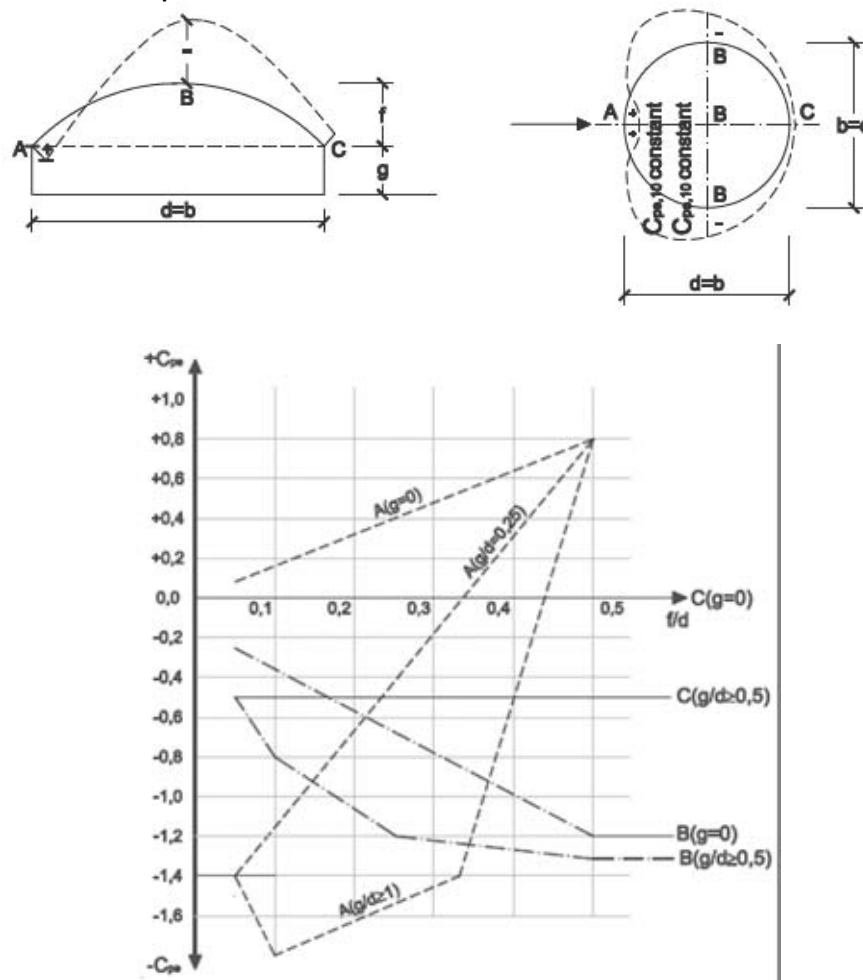
Taula D.12 Cobertes cilíndriques



Notes:

- Per a  $0 < g/d < 0,5$ , el coeficient de pressió exterior,  $C_{pe,10}$ , corresponent a la superfície A, s'obté mitjançant interpolació lineal.
- Per a  $0,2 \leq f/d \leq 0,3$  i  $g/d \geq 0,5$ , s'adopta el més desfavorable dels dos possibles valors del coeficient de pressió exterior,  $C_{pe,10}$ , corresponent a la zona A.

Taula D.13 Cobertes esfèriques



## Notes:

- $C_{pe,10}$  és constant al llarg de cadascun dels arcs del cercle d'intersecció entre l'esfera i els plans perpendiculars a la direcció del vent.
- Els valors de  $C_{pe,10}$  al llarg dels arcs de circumferència paral·lels a la direcció del vent es poden determinar mitjançant interpolació lineal entre els valors en A, B, C.
- Per a  $0 < g/d < 1$ , el coeficient de pressió exterior en A s'obté mitjançant interpolació lineal entre els valors indicats a la figura.
- Per a  $0 < g/d < 0,5$ , els coeficients de pressió exterior en B i C s'obtenen mitjançant interpolació lineal entre els valors indicats a la figura.

## Annex E. Dades climàtiques

- 1 El valor característic de la temperatura màxima de l'aire depèn del clima del lloc i de l'altitud. A falta de dades empíriques més precises, es pot prendre, independentment de l'altitud, igual al límit superior de l'interval reflectit al mapa de la figura E.1



Figura E.1 Isotermes de la temperatura anual màxima de l'aire ( $T_{\text{màx}}$  en °C)

- 2 Com a valor característic de la temperatura mínima de l'aire exterior, es pot prendre la de la taula E.2, en funció de l'altitud de l'emplaçament, i la zona climàtica hivernal, segons el mapa de la figura E.3.

Taula E.1 Temperatura mínima de l'aire exterior (°C)

Altitud (m)	Zona de clima hivernal (segons figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	-7	-11	-11	-6	-5	-6	6
200	-10	-13	-12	-8	-8	-8	5
400	-12	-15	-14	-10	-11	-9	3
600	-15	-16	-15	-12	-14	-11	2
800	-18	-18	-17	-14	-17	-13	0
1.000	-20	-20	-19	-16	-20	-14	-2
1.200	-23	-21	-20	-18	-23	-16	-3
1.400	-26	-23	-22	-20	-26	-17	-5
1.600	-28	-25	-23	-22	-29	-19	-7
1.800	-31	-26	-25	-24	-32	-21	-8
2.000	-33	-28	-27	-26	-35	-22	-10

## Document bàsic SE-AE Accions en l'edificació



Figura E.2 Zones climàtiques d'hivern

- 3 Com a valor de càrrega de neu en un terreny horitzontal,  $s_k$ , es pot prendre de la taula E.2 funció de l'altitud de l'emplaçament o terme municipal, i de la zona climàtica del mapa de la figura E.2.

Taula E.2 Sobrecàrrega de neu en un terreny horitzontal ( $\text{kN/m}^2$ )

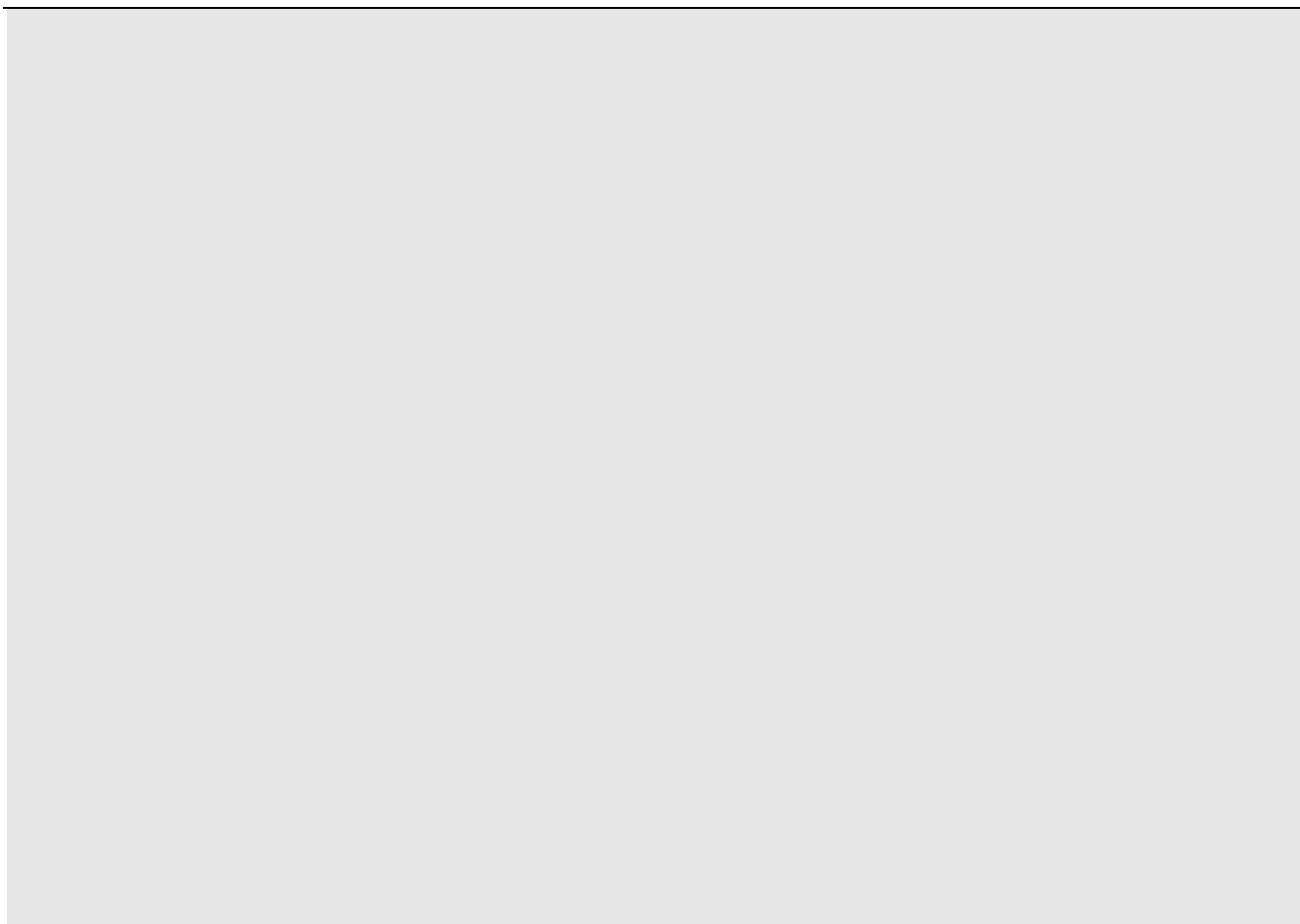
Altitud (m)	Zona de clima hivernal (segons figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

# Document bàsic **SE-C**

---

## **Seguretat estructural Fonaments**

---





## Índex

### **1 Generalitats**

- 1.1 Àmbit d'aplicació
- 1.2 Condicions particulars per al compliment del DB-ES-C

### **2 Bases de càlcul**

- 2.1 Generalitats
- 2.2 Mètode dels estats límit
- 2.3 Variables bàsiques
- 2.4 Verificacions basades en el format dels coeficients parcials

### **3 Estudi geotècnic**

- 3.1 Generalitats
- 3.2 Reconeixement del terreny
- 3.3 Contingut de l'estudi geotècnic

### **4 Fonamentacions directes**

- 4.1 Definicions i tipologies
- 4.2 Anàlisi i dimensionament
- 4.3 Pressió admissible i d'enfonsament
- 4.4 Assentament de les fonamentacions directes
- 4.5 Condicions constructives
- 4.6 Control

### **5 Fonamentacions profundes**

- 5.1 Definicions i tipologies
- 5.2 Accions a considerar
- 5.3 Anàlisi i dimensionament
- 5.4 Condicions constructives i de control

### **6 Elements de contenció**

- 6.1 Definicions i tipologies
- 6.2 Accions a considerar i dades geomètriques
- 6.3 Anàlisi i dimensionament
- 6.4 Condicions constructives i de control

### **7 Condicionament del terreny**

- 7.1 Criteris bàsics
- 7.2 Excavacions
- 7.3 Rebliments
- 7.4 Gestió de l'aigua

### **8 Millora o reforç del terreny**

- 8.1 Generalitats
- 8.2 Condicions inicials del terreny
- 8.3 Elecció del procediment de millora o reforç del terreny

8.4 Condicions constructives i de control

**9 Ancoratges al terreny**

9.1 Definicions i tipologies

9.2 Accions a considerar i dades geomètriques

9.3 Anàlisi i dimensionament

9.4 Condicions constructives i de control

**Annex A. Terminologia**

**Annex B. Notació i unitats**

**Annex C. Tècniques de prospecció**

**Annex D. Criteris de classificació, correlacions i valors orientatius tabulats de referència**

**Annex E. Interacció sòl-estructura**

**Annex F. Models de referència per al càlcul de fonamentacions i elements de contenció**

**Annex G. Normes de referència**

## 1 GENERALITATS

### 1.1 Àmbit d'aplicació

- 1 L'àmbit d'aplicació d'aquest DB-C és el de la seguretat estructural, capacitat portant i aptitud al servei dels elements de fonamentació i, si s'escau, de contenció de tot tipus d'edificis, en relació amb el terreny, independentment del que afecta l'element pròpiament dit, que es regula als documents bàsics relatius a la seguretat estructural dels diferents materials o la instrucció EHE.

### 1.2 Condicions particulars per al compliment del DB-ES-C

- 1 L'aplicació dels procediments d'aquest DB s'ha de portar a terme d'acord amb les condicions particulars que s'hi estableixen, amb les condicions particulars indicades al DB-ES i amb les condicions generals per al compliment del CTE, les condicions del projecte, les condicions en l'execució de les obres i les condicions de l'edifici que figuren als articles 5, 6, 7 i 8 respectivament de la part I del CTE.
- 2 La documentació del projecte és la que figura a l'apartat 2 Documentació del DB-ES i inclou les dades de partida, les bases de càlcul, les especificacions tècniques dels materials i la descripció gràfica i dimensional de les fonamentacions i els elements de contenció dels edificis.

## 2 Bases de càlcul

### 2.1 Generalitats

- 1 Aquest apartat es refereix als aspectes propis de la fonamentació, com a complement als principis i regles establerts amb caràcter general en DB-ES.
- 2 El comportament de la fonamentació s'ha de comprovar enfront de la capacitat portant (resistència i estabilitat) i l'aptitud al servei. A aquests efectes s'ha de distingir, respectivament, entre estats límit últims i estats límit de servei.
- 3 Les comprovacions de la capacitat portant i de l'aptitud al servei de la fonamentació s'han d'efectuar per a les situacions de dimensionament que siguin pertinents.
- 4 S'han de tenir en compte els efectes que, segons el temps, poden afectar la capacitat portant o aptitud de servei de la fonamentació comprovant-ne el comportament davant:
  - a) accions físiques o químiques que poden conduir a processos de deteriorament;
  - b) càrregues variables repetides que puguin conduir a mecanismes de fatiga del terreny;
  - c) les verificacions dels estats límit de la fonamentació relacionats amb els efectes que depenen del temps han d'estar en concordança amb el període de servei de la construcció.
- 5 Les situacions de dimensionament de la fonamentació s'han de seleccionar per a totes les circumstàncies igualment probables en què la fonamentació hagi de complir la seva funció, tenint en compte les característiques de l'obra i les mesures adoptades per atenuar riscos o assegurar un comportament adequat, com ara les actuacions sobre el nivell freàtic.
- 6 Les situacions de dimensionament es classifiquen en:
  - a) situacions persistents, que es refereixen a les condicions normals d'ús;
  - b) situacions transitòries, que es refereixen a unes condicions aplicables durant un temps limitat, com ara situacions sense drenatge o de curt termini durant la construcció;
  - c) situacions extraordinàries, que es refereixen a unes condicions excepcionals en què es pot trobar l'edifici o a les quals aquest pot estar exposat, incloent-hi el sisme.
- 7 Les condicions que assegurin el bon comportament dels fonaments s'han de mantenir durant la vida útil de l'edifici, tenint en compte l'evolució de les condicions inicials i la seva interacció amb l'estructura.
- 8 El que s'indica en aquest capítol per a les fonamentacions dels edificis és aplicable anàlogament als elements de contenció, amb les particularitats que s'indiquen al capítol 6.

## 2.2 Mètode dels estats límit

### 2.2.1 Estats límit

#### 2.2.1.1 Generalitats

- 1 Per al dimensionament de la fonamentació s'ha de distingir entre:
  - a) Estats límit últims: associats amb el col·lapse total o parcial del terreny o amb la fallada estructural de la fonamentació.
  - b) Estats límit de servei: associats amb determinats requisits imposats a les deformacions del terreny per raons estètiques i de servei.

#### 2.2.1.2 Estats límit últims

- 1 Es consideren estats límit últims tots els classificats com a tals a l'apartat 3.2.1 del DB-ES.
- 2 Com a estats límit últims s'han de considerar els deguts a:
  - a) pèrdua de la capacitat portant del terreny de suport de la fonamentació per enfonsament, esllavissament o bolcada, o altres indicats als capítols corresponents;
  - b) pèrdua de l'estabilitat global del terreny a l'entorn pròxim a la fonamentació;
  - c) pèrdua de la capacitat resistent de la fonamentació per fallada estructural;
  - d) fallades originades per efectes que depenen del temps (durabilitat del material de la fonamentació, fatiga del terreny sotmès a càrregues variables repetides).

#### 2.2.1.3 Estats límit de servei

- 1 Es consideren estats límit de servei tots els classificats com a tals a l'apartat 3.2.2 del DB-ES.
- 2 Com a estats límit de servei es consideren els relatius a:
  - a) els moviments excessius de la fonamentació que puguin induir esforços i deformacions anormals a la resta de l'estructura que s'hi recolza, i que encara que no arribin a trencar-la afectin l'aparença de l'obra, el confort dels usuaris o el funcionament d'equips i instal·lacions;
  - b) les vibracions que en transmetre's a l'estructura poden produir falta de confort en les persones o reduir-ne l'eficàcia funcional;
  - c) els danys o el deteriorament que poden afectar negativament l'aparença, la durabilitat o la funcionalitat de l'obra.
- 3 Altres comprovacions a efectuar en relació amb l'aptitud al servei de la fonamentació depenen de la seva tipologia i es tracten en els capítols corresponents.

### 2.2.2 Verificacions

- 1 Les verificacions dels estats límit s'han de basar en l'ús de models adequats per a la fonamentació i el terreny de suport, així com per avaluar els efectes de les accions de l'edifici i del terreny sobre aquest.
- 2 S'ha de verificar que no se superi cap estat límit si s'utilitzen, en els models esmentats al paràgraf anterior, valors adequats per a:
  - a) les sol·licitacions de l'edifici sobre la fonamentació;
  - b) les accions (càrregues i empentes) que es puguin transmetre o generar a través del terreny sobre la fonamentació;
  - c) els paràmetres del comportament mecànic del terreny;
  - d) els paràmetres del comportament mecànic dels materials utilitzats en la construcció de la fonamentació;
  - e) les dades geomètriques del terreny i la fonamentació.
- 3 Les verificacions s'han de portar a terme per a totes les situacions de dimensionament.

- 4 En el marc del mètode dels estats límit els requisits relatius a la fonamentació es verifiquen normalment mitjançant càlculs, utilitzant el format dels coeficients parcials descrit en 2.4.
- 5 En determinades circumstàncies es poden verificar els estats límit utilitzant algun dels procediments següents:
  - a) mesures prescriptives;
  - b) experimentació en model;
  - c) proves de càrrega;
  - d) mètode observacional.

## 2.3 Variables bàsiques

### 2.3.1 Generalitats

- 1 La verificació dels estats límit es realitza mitjançant models en què intervenen les denominades variables bàsiques, que representen quantitats físiques que caracteritzen les accions sobre l'edifici, accions sobre el terreny, accions generades pel terreny sobre la fonamentació, influències ambientals, característiques del terreny i dels materials de la fonamentació, i les dades geomètriques tant del terreny com de la fonamentació.
- 2 En el marc de les verificacions basades en el format dels coeficients parcials descrit en 2.4, la magnitud de les accions es descriu per valors representatius, i els paràmetres del terreny a través de valors característics afectats tots dos pels corresponents coeficients parcials. La informació continguda als apartats 2.3.2. a 2.3.5 es refereix als valors representatius i característics de les diferents variables.

### 2.3.2 Accions

- 1 Per a cada situació de dimensionament de la fonamentació s'ha de distingir entre accions que actuen sobre l'edifici i accions geotècniques que es transmeten o generen a través del terreny en què es recolza.

#### 2.3.2.1 Accions sobre l'edifici

- 1 Les accions sobre l'edifici es classifiquen tal com s'indica a l'apartat 3.3.2.1 del DB-ES.
- 2 Els valors característics i altres de representatius de les accions sobre l'edifici s'han de determinar d'acord amb l'apartat 3.3.2.2 i 3.3.2.3 del DB-ES.
- 3 La representació de les accions dinàmiques s'ha de fer d'acord amb el contingut de l'apartat 3.3.2.4 del DB-ES.

#### 2.3.2.2 Accions de l'edifici sobre la fonamentació

- 1 Per a situacions persistents i transitòries, i als efectes d'aplicació d'aquest DB, s'ha de considerar el valor de càlcul dels efectes de les accions sobre la fonamentació als determinats d'acord amb l'expressió (4.3) del DB-ES, assignant el valor unitat a tots els coeficients parcials per a les accions permanents i variables desfavorables i zero per a les accions variables favorables.
- 2 Per a situacions extraordinàries s'ha de considerar el valor de càlcul dels efectes de les accions sobre la fonamentació determinats amb l'expressió (4.4) i (4.5) del DB-ES; igualment assignant el valor unitat a tots els coeficients parcials per a les accions permanents i variables desfavorables i zero per a accions variables favorables.

#### 2.3.2.3 Accions geotècniques sobre la fonamentació que es transmeten o generen a través del terreny

- 1 Per a cada situació de dimensionament és necessari tenir en compte els valors representatius dels tipus d'accions següents:
  - a) accions que actuen directament sobre el terreny i que per raons de proximitat poden afectar el comportament de la fonamentació. Les accions d'aquest tipus que procedeixen de l'estructura s'han de determinar d'acord amb els criteris definits en 2.3.2.2;
  - b) càrregues i empentes degudes al pes propi del terreny;
  - c) accions de l'aigua existent a l'interior del terreny.

### 2.3.3 Model geotècnic i paràmetres del terreny

- 1 Per a cada situació de dimensionament i estudi d'estat límit s'ha de definir un model geotècnic del terreny que incorpori juntament amb els diferents tipus de materials i les seves superfícies de contacte els nivells piezomètrics pertinents.
- 2 Les característiques del terreny han de quedar representades, per a cada situació de dimensionament i estat límit considerat, per una sèrie de valors característics que normalment es dedueixen de la investigació geotècnica.
- 3 Als efectes d'aplicació d'aquest DB s'entén com a valor característic d'un determinat paràmetre del terreny una estimació prudent del seu valor en el context de l'estat límit que es consideri. Això implica que determinats paràmetres del terreny poden adoptar valors característics diferents en funció de l'estat límit considerat.
- 4 Quan s'utilitzin mètodes estadístics s'ha de definir el valor característic d'un determinat paràmetre del terreny necessari per a l'estudi d'un estat límit pel:
  - a) fractil del 5% en cas que un valor baix resulti desfavorable;
  - b) fractil del 95% en cas que un valor alt resulti desfavorable.

### 2.3.4 Paràmetres dels materials de construcció utilitzats en la fonamentació

- 1 Les característiques dels materials utilitzats en la construcció de la fonamentació s'han de representar mitjançant els seus valors característics, que es determinen d'acord amb l'apartat 3.3.4 del DB-ES.

### 2.3.5 Dades geomètriques

- 1 A l'hora de definir la configuració geomètrica per a cada tipus de fonamentació s'han de tenir en compte les consideracions que es fan en els capítols corresponents d'aquest DB i dedicar una especial atenció a la cota i el pendent de la superfície del terreny, els nivells d'excavació i la definició dels nivells piezomètrics de l'aigua del terreny en cadascuna de les situacions de dimensionament a què puguin donar lloc les seves possibles variacions.
- 2 Els valors de càlcul de les dimensions geomètriques de la fonamentació han de coincidir amb els seus valors nominals reflectits en els plans d'execució.
- 3 En els casos en què les possibles desviacions d'una dimensió geomètrica del seu valor nominal puguin tenir una influència significativa en el comportament de la fonamentació, el valor de càlcul d'aquesta dimensió ha de quedar definit pel que sigui més desfavorable, resultant de sumar o restar la desviació al valor nominal de la dimensió.

## 2.4 Verificacions basades en el format dels coeficients parcials

### 2.4.1 Generalitats

- 1 La utilització del format dels coeficients parcials implica la verificació que, per a les situacions de dimensionament de la fonamentació, no se superi cap dels estats límit pertinents, en introduir en els models corresponents els valors de càlcul per a les diferents variables que descriuen els efectes de les accions sobre la fonamentació i la resistència del terreny.
- 2 Els valors de càlcul de les variables descrites al paràgraf anterior s'obtenen a partir dels seus valors representatius i característics respectivament, multiplicant-los o dividint-los pels coeficients parcials corresponents.
- 3 El dimensionament de la fonamentació com a element que exerceix pressions sobre el terreny s'ha de realitzar exclusivament amb el format d'accions i coeficients de seguretat indicats, a aquest efecte, en aquest DB.
- 4 La comprovació de la capacitat estructural de la fonamentació, com a element estructural a dimensionar, es pot realitzar amb el format general d'accions i coeficients de seguretat inclosos al DB-ES, i a la resta de documents bàsics relatius a la seguretat estructural dels diferents

materials o la instrucció EHE, o utilitzant el format d'accions i coeficients de seguretat inclosos a aquest efecte en aquest DB.

## 2.4.2 Estats límit últims

### 2.4.2.1 Verificacions a efectuar

- 1 Per a les diferents situacions de dimensionament s'han de verificar els estats límit últims corresponents, segons el que s'indica a l'apartat 2.2.1.2.
- 2 En totes aquestes verificacions s'han d'utilitzar els valors de càlcul de les variables involucrades.

### 2.4.2.2 Verificació de l'estabilitat

- 1 L'equilibri de la fonamentació (estabilitat davant la bolcada o estabilitat davant la subpressió) queda verificat si per a les situacions de dimensionament pertinents es compleix la condició:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab} \quad (2.1)$$

on:

$E_{d,dst}$  és el valor de càlcul de l'efecte de les accions desestabilitzadores;

$E_{d,stab}$  és el valor de càlcul de l'efecte de les accions estabilitzadores.

- 2 Els valors de càlcul dels efectes de les accions estabilitzadores i desestabilitzadores s'han de determinar segons l'apartat 2.4.2.5.

### 2.4.2.3 Verificació de la resistència

- 1 Per a l'estudi de la resistència del terreny en cada situació de dimensionament s'ha de distingir entre resistència local i resistència global.
- 2 Els càlculs relatius a la resistència local del terreny tenen com a objectiu últim assegurar l'estabilitat de la fonamentació enfront dels fenòmens d'enfonsament i esllavissament.
- 3 Els càlculs relatius a la resistència global del terreny, també anomenada estabilitat global, tenen com a objectiu últim assegurar l'estabilitat de la fonamentació enfront de possibles esllavissades al llarg de superfícies pèssimes possibles que l'englobin.
- 4 La resistència local o global del terreny queda verificada si es compleix, per a les situacions de dimensionament pertinents, la condició:

$$E_d \leq R_d \quad (2.2)$$

on:

$E_d$  és el valor de càlcul de l'efecte de les accions;

$R_d$  és el valor de càlcul de la resistència del terreny.

- 5 El valor de càlcul de l'efecte de les accions sobre la fonamentació es determina, per a cada situació de dimensionament, segons l'apartat 2.4.2.5.
- 6 El valor de càlcul de la resistència del terreny es determina segons l'apartat 2.4.2.6.

### 2.4.2.4 Verificació de la capacitat estructural de la fonamentació

- 1 La resistència de la fonamentació com a element estructural queda verificada si el valor de càlcul de l'efecte de les accions de l'edifici i del terreny sobre la fonamentació no supera el valor de càlcul de la resistència de la fonamentació com a element estructural (vegeu 2.4.1).
- 2 Els valors de càlcul de l'efecte de les accions de l'edifici i del terreny sobre la fonamentació es determinen segons l'apartat 2.4.2.5.
- 3 El valor de càlcul de la resistència de la fonamentació com a element estructural es determina segons l'apartat 4.2.4 del DB-ES i segons les regles dels documents bàsics relatius a la seguretat estructural dels diferents materials o la instrucció EHE.

### 2.4.2.5 Valors de càlcul de l'efecte de les accions

- 1 Els valors de càlcul dels efectes de les accions sobre la fonamentació es determinen, per a cada situació de dimensionament, a partir de la combinació d'accions que s'hagin de considerar simultàniament. Això inclou tant les accions de l'edifici sobre la fonamentació, segons l'apartat

## Document bàsic SE-C Fonaments

2.3.2.2, com les accions geotècniques transmeses o generades pel terreny sobre aquesta indicades a l'apartat 2.3.2.3.

- 2 El valor de càlcul de l'efecte de les accions per a cada situació de dimensionament es pot determinar segons la relació:

$$E_d = \gamma_E E \left( \gamma_F \cdot F_{\text{repr}} \cdot \frac{X_K}{\gamma_M}; a_d \right) \quad (2.3)$$

on:

$F_{\text{repr}}$  és el valor representatiu de les accions que intervenen en la situació de dimensionament considerada;

$X_K$  és el valor característic dels materials;

$a_d$  és el valor de càlcul de les dades geomètriques;

$\gamma_E$  és el coeficient parcial per a l'efecte de les accions;

$\gamma_F$  és el coeficient parcial per a les accions;

$\gamma_M$  és el coeficient parcial per a les propietats dels materials.

- 3 Els coeficients  $\gamma_E$ ,  $\gamma_F$  i  $\gamma_M$  es defineixen per a cada tipus de fonamentació a la taula 2.1.

#### 2.4.2.6 Valor de càlcul de la resistència del terreny

- 1 El valor de càlcul de la resistència del terreny es pot determinar utilitzant l'expressió següent:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left( \gamma_F \cdot F_{\text{rep}}; \frac{X_K}{\gamma_M}; a_d \right) \quad (2.4)$$

on:

$\gamma_R$  és el coeficient parcial de resistència

- 2 Els coeficients  $\gamma_R$  es defineixen a la taula 2.1.

- 3 La utilització conjunta dels valors  $\gamma_F = 1$ ,  $\gamma_M = 1$  i  $\gamma_R = 1$  en l'expressió (2.4) proporciona, per a cada tipus de fonamentació i estat límit últim el valor característic,  $R_K$ , de la resistència del terreny. En els capítols 4 i 5 s'identifiquen diferents procediments que es poden utilitzar per determinar el valor esmentat en fonamentacions directes i profundes.



## Document bàsic SE-C Fonaments

Taula 2.1. Coeficients de seguretat parcials

Situació de dimensionament	Tipus	Materials		Accions	
		$\gamma_R$	$\gamma_M$	$\gamma_E$	$\gamma_F$
Persistent o transitòria	Enfonsament	3,0 <sup>(1)</sup>	1,0	1,0	1,0
	Esllavissament	1,5 <sup>(2)</sup>	1,0	1,0	1,0
	Bolcada <sup>(2)</sup>				
	Accions estabilitzadores	1,0	1,0	0,9 <sup>(3)</sup>	1,0
	Accions desestabilitzadores	1,0	1,0	1,8	1,0
	Estabilitat global	1,0	1,8	1,0	1,0
	Capacitat estructural	- <sup>(4)</sup>	- <sup>(4)</sup>	1,6 <sup>(5)</sup>	1,0
	Pilons				
	Arrencament	3,5	1,0	1,0	1,0
	Trencament horitzontal	3,5	1,0	1,0	1,0
	Pantalles				
	Estabilitat fons excavació	1,0	2,5 <sup>(6)</sup>	1,0	1,0
	Sifonament	1,0	2,0	1,0	1,0
	Rotació o translació				
Equilibri límit	1	1,0	0,6 <sup>(7)</sup>	1,0	
Model de Winkler	1	1,0	0,6 <sup>(7)</sup>	1,0	
Elements finits	1,0	1,5	1,0	1,0	
Extraordinària	Enfonsament	2,0 <sup>(8)</sup>	1,0	1,0	1,0
	Esllavissament	1,1 <sup>(2)</sup>	1,0	1,0	1,0
	Bolcada <sup>(2)</sup>				
	Accions estabilitzadores	1,0	1,0	0,9	1,0
	Accions desestabilitzadores	1,0	1,0	1,2	1,0
	Estabilitat global	1,0	1,2	1,0	1,0
	Capacitat estructural	- <sup>(4)</sup>	- <sup>(4)</sup>	1,0	1,0
	Pilons				
	Arrencament	2,3	1,0	1,0	1,0
	Trencament horitzontal	2,3	1,0	1,0	1,0
	Pantalles				
	Rotació o translació				
	Equilibri límit	-	-	-	-
	Model de Winkler	1,0	1,0	0,8	1,0
Elements finits	1,0	1,2	1,0	1,0	

<sup>(1)</sup> En pilons es refereix a mètodes basats en assajos de camp o fórmules analítiques (llarg termini), per a mètodes basats en fórmules analítiques (curt termini), mètodes basats en proves de càrrega fins a trencament i mètodes basats en proves dinàmiques de clavament amb control electrònic del clavament i contrast amb proves de càrrega, es pot prendre 2,0.

<sup>(2)</sup> D'aplicació en fonamentacions directes i murs.

<sup>(3)</sup> En fonamentacions directes, llevat de justificació en contra, no es considera l'empenta passiva.

## Document bàsic SE-C Fonaments

(4) Els corresponents dels documents bàsics relatius a la seguretat estructural dels diferents materials o la instrucció EHE.

(5) Aplicable a elements de formigó estructural el nivell d'execució dels quals és intens o normal, segons la Instrucció EHE. En els casos en què el nivell de control d'execució sigui reduït, el coeficient  $\gamma_E$  s'ha de prendre, per a situacions persistents o transitòries, igual a 1,8.

(6) El coeficient  $\gamma_M$  és igual a 2,0 si no hi ha edificis o serveis sensibles als moviments a les proximitats de la pantalla.

(7) Afecta l'empenta passiva.

(8) En pilons, es refereix a mètodes basats en assajos de camp o fórmules analítiques; per a mètodes basats en proves de càrrega fins a trencament i mètodes basats en proves dinàmiques de clavament amb control electrònic del clavament i contrast amb proves de càrrega, es pot prendre 1,5.

## 2.4.3 Estats límit de servei

### 2.4.3.1 Verificacions a efectuar

- 1 Per a les diferents situacions de dimensionament s'han de verificar els estats límit de servei corresponents, segons el que s'indica a l'apartat 2.2.1.3.
- 2 Els mòduls de deformació del terreny necessaris per a la verificació d'un comportament adequat de la fonamentació en servei es representen pels seus valors mitjans representatius.
- 3 El comportament adequat de la fonamentació, en relació amb un determinat criteri, queda verificat si es compleix, per a les situacions de dimensionament pertinents, la condició:

$$E_{\text{ser}} \leq C_{\text{lim}} \quad (2.5)$$

on:

$E_{\text{ser}}$  és l'efecte de les accions per a una determinada situació de dimensionament;

$C_{\text{lim}}$  és el valor límit per al mateix efecte.

- 4 El valor de càlcul dels efectes de les accions es determina, per a cada situació de dimensionament i cada criteri a verificar, a partir de la combinació d'accions que li correspongui entre les indicades a l'apartat 4.3.2 del DB-ES o segons l'apartat 2.3.2.2.
- 5 Els valors límit per als diferents efectes de les accions han d'estar en concordança amb l'objectiu de cada comprovació específica i s'han de determinar per a cada cas en el projecte.
- 6 Per a la determinació dels valors límit dels moviments de la fonamentació s'han de tenir en compte els aspectes següents:
  - a) grau de fiabilitat en l'estimació d'aquests moviments, en els casos que s'utilitzin mètodes alternatius als indicats en aquest DB;
  - b) possibles moviments del terreny i la seva evolució en el temps;
  - c) tipus d'estructura i materials de l'edifici;
  - d) tipus de fonamentació i característiques del terreny;
  - e) distribució de càrregues a l'edifici;
  - f) procés constructiu de l'edifici;
  - g) ús que es donarà a l'edifici.
- 7 Els desplaçaments i deformacions admissibles de les estructures o serveis pròxims, aliens a l'obra projectada, s'han de definir en funció de les seves característiques i estat.
- 8 La verificació dels estats límit de servei relacionats amb els moviments de la fonamentació es pot portar a terme, mitjançant criteris basats en valors límit per als paràmetres següents (vegeu la figura 2.1):

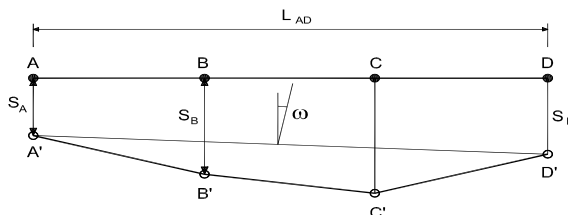


Figura 2.1. Definicions bàsiques del moviment de fonamentacions

## Document bàsic SE-C Fonaments

- a) assentament,  $s$ , definit com el descens de qualsevol punt de la fonamentació d'un edifici (ex.:  $s_A$ );
- b) assentament diferencial,  $\delta s$ , definit com la diferència d'assentament entre dos punts qualssevol de la fonamentació;

$$\delta s_{AB} = s_B - s_A \quad (2.6)$$

- c) distorsió angular,  $\beta$ , definida com l'assentament diferencial entre dos punts dividit per la distància que els separa.

$$\beta_{AB} = \frac{\delta s_{AB}}{L_{AB}} = \frac{s_B - s_A}{L_{AB}} \quad (2.7)$$

Es denomina gir relatiu o rotació relativa quan l'assentament diferencial es refereix a la distància mesurada segons la línia que defineix la inclinació mitjana de la fonamentació (línia A' D' en la figura 2.1);

- d) inclinació,  $\omega$ , definida com l'angle girat respecte a la vertical segons la línia mitjana que defineix la posició deformada de la fonamentació;
- e) desplaçament horitzontal,  $x$ , definit com el moviment horitzontal de qualsevol punt de la fonamentació (ex.:  $x_A$ );
- f) desplaçament horitzontal diferencial,  $\delta x$ , definit com la diferència de moviment horitzontal entre dos punts qualssevol de la fonamentació;

$$\delta x_{AB} = x_B - x_A \quad (2.8)$$

- g) distorsió horitzontal,  $\varepsilon$ , definida com el desplaçament horitzontal diferencial entre dos punts dividit per la distància que els separa.

$$\varepsilon_{AB} = \frac{\delta x_{AB}}{L_{AB}} = \frac{x_B - x_A}{L_{AB}} \quad (2.9)$$

- 9 En cas que no s'especifiquin en el projecte els valors límits de servei dels moviments de la fonamentació de l'edifici es poden adoptar els indicats a les taules 2.2 i 2.3.

Taula 2.2. Valors límit basats en la distorsió angular

Tipus d'estructura	Límit
Estructures isostàtiques i murs de contenció	1/300
Estructures reticulades amb envans de separació	1/500
Estructures de plafons prefabricats	1/700
Murs de càrrega sense armar amb flexió còncaua cap a dalt	1/1000
Murs de càrrega sense armar amb flexió còncaua cap a baix	1/2000

Taula 2.3. Valors límit basats en la distorsió horitzontal

Tipus d'estructura	Límit
Murs de càrrega	1/2000

- 10 En els capítols relatius als diferents tipus de fonamentació es troben altres criteris de verificació de l'aptitud al servei d'aquestes relacionats més específicament amb els materials i procediments de construcció utilitzats.
- 11 Per a les vibracions previstes de curta durada s'ha de comprovar que els valors màxims dels components del vector velocitat del terreny i fonamentació queden per sota dels valors establerts a les taules 2.4 i 2.5.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 12 Per a vibracions estacionàries s'ha de comprovar que les vibracions horitzontals mesurades al pis més alt siguin inferiors a 5 mm/s, i les verticals mesurades al centre dels forjats o sostres romanguin per sota de 10 mm/s.

**Taula 2.4. Valors de referència per al valor pic de la vibració del terreny en el seu major component enfront de vibracions de curta durada (UNE 22-381-93)**

Classe d'edifici	Freqüència principal (Hz)		
	2-15	15-75	>75
	Velocitat [mm/s]	Desplaçament <sup>(1)</sup> [mm]	Velocitat [mm/s]
Edificis i naus industrials lleugeres amb estructures de formigó armat o metàl·liques.	20	0,212	100
Edificis d'habitatges i altres de similars en la seva construcció i/o en la seva utilització.	9	0,095	45
Edificis especialment sensibles a les vibracions.	4	0,042	20

<sup>(1)</sup> En els trams de freqüències compreses entre 15 i 75 Hz es pot calcular la velocitat equivalent coneixent la freqüència principal a través de l'equació:

$$v = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot d$$

on:

v és la velocitat de vibració equivalent en mm/s

f és la freqüència principal en Hz

d és el desplaçament admissible en mm indicat a la taula

**Taula 2.5. Valors de referència per a la velocitat de vibració (mm/s) de les fonamentacions enfront de vibracions de curta durada**

Classe d'edifici	Fonaments			Nivell del sostre del pis més alt habitable	Forjats o sostres
	Valor màxim de les 3 components del vector velocitat			Vibracions horitzontals en dues direccions	Vibració vertical al centre
	Freqüències			Totes les freqüències	Totes les freqüències
	< 10 Hz	10 a 15 Hz	50 a 100 <sup>(1)</sup> Hz		
Edificis utilitzats per a activitats industrials i edificis industrials	20	20 a 40	40 a 50	40	
Edificis d'habitatges i altres de similars en la seva construcció i/o la seva utilització. Edificis amb lliscats	5	5 a 15	15 a 20	15	20
Edificis especialment sensibles a les vibracions	3	3 a 8	8 a 10	8	

<sup>(1)</sup> Per a freqüències superiors a 100 Hz s'han d'aplicar, com a mínim, els valors de referència per a 100 Hz.

### 3 Estudi geotècnic

#### 3.1 Generalitats

- 1 L'estudi geotècnic és el compendi d'informació quantificada quant a les característiques del terreny en relació amb el tipus d'edifici previst i l'entorn on s'ubica, que és necessària per procedir a l'anàlisi i dimensionament dels fonaments d'aquest o d'altres obres.
- 2 Les característiques del terreny de suport es determinen mitjançant una sèrie d'activitats que en conjunt es denomina reconeixement del terreny i els resultats de les quals han de quedar reflectits a l'estudi geotècnic.
- 3 El reconeixement del terreny, que s'ha de fixar a l'estudi geotècnic quant a la seva intensitat i abast, depèn de la informació prèvia del pla d'actuació urbanística, de l'extensió de l'àrea a reconèixer, de la complexitat del terreny i de la importància de l'edificació prevista. Llevat de justificació, el reconeixement no pot ser inferior a l'establert en aquest DB.
- 4 Per a la realització de l'estudi s'han de recaptar totes les dades en relació amb les peculiaritats i els problemes de l'emplaçament, inestabilitat, esllavissades, ús conflictiu previ com ara forns, horts o abocadors, obstacles enterrats, configuració constructiva i de fonamentació de les construccions limítrofes, la informació disponible sobre l'aigua freàtica i pluviometria, antecedents planimètrics del desenvolupament urbà i, si s'escau, sismicitat del municipi, d'acord amb la Norma de construcció sismoresistent NCSE vigent.
- 5 Atès que les conclusions de l'estudi geotècnic poden afectar el projecte quant a la concepció estructural de l'edifici, tipus i cota dels fonaments, s'ha d'emprendre en la fase inicial del projecte i en qualsevol cas abans que l'estructura estigui totalment dimensionada.
- 6 L'autoria de l'estudi geotècnic correspon al projectista, a un altre tècnic competent o, si s'escau, al director d'obra.

#### 3.2 Reconeixement del terreny

##### 3.2.1 Programació

- 1 Per a la programació del reconeixement del terreny s'han de tenir en compte totes les dades rellevants de la parcel·la, tant els topogràfics o urbanístics i generals de l'edifici, com les dades prèvies de reconeixements i estudis de la mateixa parcel·la o de parcel·les limítrofes si n'hi ha, i els generals de la zona realitzats en la fase de planejament o urbanització.
- 2 A efectes del reconeixement del terreny, la unitat a considerar és l'edifici o el conjunt d'edificis d'una mateixa promoció, i la construcció i el terreny s'han de classificar segons les taules 3.1 i 3.2 respectivament.

**Taula 3.1. Tipus de construcció**

Tipus	Descripció <sup>(1)</sup>
C-0	Construccions de menys de 4 plantes i superfície construïda inferior a 300 m <sup>2</sup>
C-1	Altres construccions de menys de 4 plantes
C-2	Construccions entre 4 i 10 plantes
C-3	Construccions entre 11 i 20 plantes
C-4	Conjunts monumentals o singulars, o de més de 20 plantes

<sup>(1)</sup> En el còmput de plantes s'inclouen els soterranis.

**Taula 3.2. Grup de terreny**

Grup	Descripció
T-1	Terrenys favorables: els que tenen poca variabilitat, i en els quals la pràctica habitual a la zona és de fonamentació directa mitjançant elements aïllats.
T-2	Terrenys intermedis: els que presenten variabilitat, o que a la zona no sempre es recorre a la mateixa solució de fonamentació, o en els quals es pot suposar que tenen reblliments antròpics de certa rellevància, encara que probablement no superin els 3,0 m.

## Document bàsic SE-C Fonaments

T-3	<p>Terrenys desfavorables: els que no es poden classificar en cap dels tipus anteriors. De manera especial es consideren en aquest grup els terrenys següents:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Sòls expansius</li> <li>b) Sòls col·lapsables</li> <li>c) Sòls tous o solts</li> <li>d) Terrenys càrstics en guixos o calcàries</li> <li>e) Terrenys variables quant a composició i estat</li> <li>f) Rebliments antròpics amb gruixos superiors a 3 m</li> <li>g) Terrenys en zones susceptibles de patir esllavissades</li> <li>h) Roques volcàniques en colades primes o amb cavitats</li> <li>i) Terrenys amb un desnivell superior a 15°</li> <li>j) Sòls residuals</li> <li>k) Terrenys d'aiguamolls</li> </ul>
-----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- 3 La densitat i profunditat de reconeixements ha de permetre una cobertura correcta de la zona a edificar. Per definir-los s'ha de tenir en compte el tipus d'edifici, la superfície d'ocupació en planta i el grup de terreny.
- 4 Amb caràcter general el mínim de punts a reconèixer és de tres. A la taula 3.3 es recullen les distàncies màximes  $d_{m\grave{a}x}$  entre punts de reconeixement que no s'han de sobrepassar i les profunditats orientatives P sota el nivell final de l'excavació. La profunditat del reconeixement en cada cas s'ha de fixar tenint en compte la resta de l'articulat d'aquest capítol i el tall geotècnic del terreny.
- 5 Tots els punts de reconeixement, en planimetria i altimetria, han de quedar reflectits en un pla, referits a punts fixos clarament reconeixibles de l'entorn, o si no a coordenades UTM.

**Taula 3.3. Distàncies màximes entre punts de reconeixement i profunditats orientatives**

Tipus de construcció	Grup de terreny			
	T1		T2	
	$d_{m\grave{a}x}$ (m)	P (m)	$d_{m\grave{a}x}$ (m)	P (m)
C-0, C-1	35	6	30	18
C-2	30	12	25	25
C-3	25	14	20	30
C-4	20	16	17	35

- 6 En cas que les distàncies  $d_{m\grave{a}x}$  excedeixin les dimensions de la superfície a reconèixer, s'han de disminuir fins que es compleixi amb el nombre de punts mínims requerits.
- 7 En el cas d'edificis amb superfícies en planta superiors als 10.000 m<sup>2</sup> es pot reduir la densitat de punts. Aquesta reducció té com a límit el 50% dels obtinguts mitjançant la regla anterior aplicada sobre l'excés de la superfície.
- 8 Les condicions fixades anteriorment no són aplicables en els reconeixements del terreny per a l'elaboració dels estudis geotècnics dels projectes d'urbanització.
- 9 A la taula 3.4 s'estableix el nombre mínim de sondejos mecànics i el percentatge del total de punts de reconeixement que es poden substituir per proves contínues de penetració quan el nombre de sondejos mecànics excedeixi el mínim especificat a la taula esmentada.

## Document bàsic SE-C Fonaments

**Taula 3.4. Nombre mínim de sondejos mecànics i percentatge de substitució per proves contínues de penetració**

	Nombre mínim		% de substitució	
	T-1	T-2	T-1	T-2
C-0	-	1	-	66
C-1	1	2	70	50
C-2	2	3	70	50
C-3	3	3	50	40
C-4	3	3	40	30

- 10 S'ha de comprovar que la profunditat planificada dels reconeixements ha estat suficient per a assolir una cota en el terreny per sota de la qual no es desenvoluparan assentaments significatius sota les càrregues que pugui transmetre l'edifici, tal com s'indica en els diferents capítols d'aquest DB.
- 11 La cota esmentada es pot definir com la corresponent a una profunditat tal que en ella l'augment net de tensió en el terreny sota el pes de l'edifici sigui igual o inferior al 10% de la tensió efectiva vertical existent en el terreny en aquesta cota abans de construir l'edifici, llevat que s'hagi assolit una unitat geotècnica resistent tal que les pressions aplicades sobre aquesta per la fonamentació de l'edifici no produeixin deformacions apreciables.
- 12 La unitat geotècnica resistent a què es fa referència al paràgraf anterior s'ha de comprovar en una profunditat d'almenys 2 m, més 0,3 m addicionals per cada planta que tingui la construcció.
- 13 L'augment net de tensió en el terreny, al qual es fa referència al paràgraf 11 d'aquest apartat, es pot determinar utilitzant els àbacs i les taules existents en la literatura geotècnica d'ús habitual o també, de manera aproximada, suposant que la càrrega de l'edifici es distribueix uniformement en cada profunditat sobre una superfície definida per plans que, inclinant-se cap a l'exterior de l'àrea carregada en la superfície del terreny, assoleixen la profunditat esmentada amb línies de màxim pendent 1H:2V.
- 14 En cas que es prevegin fonamentacions profundes s'han de portar a terme les comprovacions indicades als paràgrafs 10 i 11 suposant que la cota d'aplicació de la càrrega de l'edifici sobre el terreny és la corresponent a una profunditat igual a les dues tercers parts de la longitud dels pilons. Llevat de justificació, en el cas de pilons columna s'ha de comprovar que la profunditat investigada assoleix aproximadament cinc diàmetres (5D) per sota de la punta del piló previsible a utilitzar.
- 15 En cas de terrenys del grup T-3 o quan el reconeixement es derivi d'un altre que hagi resultat insuficient, s'han d'intercalar punts de reconeixement a les zones problemàtiques fins a definir-les adequadament.

**3.2.2 Prospecció**

- 1 La prospecció del terreny es pot portar a terme mitjançant cales, sondejos mecànics, proves contínues de penetració o mètodes geofísics. A l'annex C es descriuen les principals tècniques de prospecció, així com la seva aplicabilitat, que s'han de portar a terme d'acord amb el Reial decret 1627/1997, de 24 d'octubre, pel qual s'estableixen disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres de construcció.
- 2 En els reconeixements dels tipus de construcció C-0 i grup de terreny T-1, les proves de penetració s'han de complementar sempre amb altres tècniques de reconeixement, com ara cales. En altres casos, en el reconeixement es poden utilitzar les proves de penetració per a la identificació d'unitats geotècniques, que s'han de contrastar mitjançant sondejos mecànics.
- 3 En el marc d'aquest DB no es poden utilitzar exclusivament mètodes geofísics per caracteritzar el terreny, i sempre se n'han de contrastar els resultats amb els sondejos mecànics.
- 4 En general, es poden aplicar les tècniques geofísiques per a la caracterització geotècnica i geològica, per complementar dades, millorar la seva correlació, emprendre l'estudi de grans superfícies i determinar els canvis laterals de fàcies. No és aconsellable en nuclis urbans consolidats.

### 3.2.3 Assajos de camp

- 1 Són assajos que s'executen directament sobre el terreny natural i que proporcionen dades que es poden correlacionar amb la resistència, deformabilitat i permeabilitat d'una unitat geotècnica a una determinada profunditat. Es distingeixen, com a més usuals, els següents:
  - a) en sondeig: assaig de penetració estàndard (SPT), assaig de molinet (Vane Test), assaig pressiomètric (PMT), assaig Lefranc, assaig Lugeon;
  - b) en superfície o en pou: assaig de càrrega amb placa;
  - c) en pou: assaig de bombament.
- 2 En el cas de sòls amb un percentatge apreciable de grava grossa, palets i còdols i quan la importància de l'edifici ho justifiqui, es poden contrastar els valors de resistència SPT amb els valors de velocitat de transmissió de les ones S obtingudes mitjançant assajos de tipus "cross-hole" o "down-hole".
- 3 A l'apartat 4.2.3.1 es proporcionen algunes de les correlacions més freqüentment utilitzades entre les proves contínues de penetració estàtiques i l'assaig SPT.
- 4 La descripció i condicions d'utilització d'aquests assajos s'indiquen a la taula D.7.

### 3.2.4 Presa de mostres

- 1 L'objectiu de la presa de mostres és la realització, amb una fiabilitat suficient, dels assajos de laboratori pertinents segons les determinacions que es pretenguin obtenir. Per tant en la presa de mostres s'han de complir uns requisits diferents segons el tipus d'assaig que s'executi sobre la mostra obtinguda.
- 2 S'especifiquen tres categories de mostres:
  - a) mostres de categoria A: són les que mantenen inalterades les propietats del sòl següents: estructura, densitat, humitat, granulometria, plasticitat i components químics estables;
  - b) mostres de categoria B: són les que mantenen inalterades les propietats del sòl següents: humitat, granulometria, plasticitat i components químics estables;
  - c) mostres de categoria C: totes les que no compleixen les especificacions de la categoria B.
- 3 A la taula 3.5 s'assenyala la categoria mínima de la mostra requerida segons els tipus d'assajos de laboratori que es realitzin.

**Taula 3.5. Categoria de les mostres de sòls i roques per a assajos de laboratori**

Propietats a determinar	Categoria mínima de la mostra
- Identificació organolèptica	C
- Granulometria	C
- Humitat	B
- Límits d'Atterberg	C
- Pes específic de les partícules	B
- Contingut en matèria orgànica i en CaCO <sub>3</sub>	C
- Pes específic aparent. Porositat	A
- Permeabilitat	A
- Resistència	A
- Deformabilitat	A
- Expansivitat	A
- Contingut en sulfats solubles	C

- 4 En la categoria A, els mostrejadors que s'utilitzin en els sondejos es recomana que s'ajustin a les especificacions de la taula 3.6 en funció del tipus de sòl en què s'executi la presa de mostres i el diàmetre interior D<sub>i</sub> de la sabata utilitzada.



Taula 3.6. Especificacions de la categoria A de mostrejador

Tipus de sòl	Sistema de clavament	Diàmetre interior $D_i$	Aclarida interior $D$	Relació d'àrees $R_a$	Gruix Sabata del mostrejador $E$	Angle de sabata de tall
Argiles, llims, Sorres fines	Pressió	> 70 mm	$\leq 1\%$	$\leq 15$	$\leq 2$ mm	$\leq 5^\circ$
Sorres mitjanes Sorres grosses Mescles	Pressió Copejament	> 80 mm	$\leq 3\%$	$\leq 15$	$\leq 5$ mm	$\leq 10^\circ$

Amb els valors de les expressions següents:

$$D = \frac{D_e - D_i}{D_i} \cdot 100 \quad (3.1)$$

$$R_a = \frac{D_e^2 - D_i^2}{D_i^2} \cdot 100 \quad (3.2)$$

$$E = \frac{D_e - D_i}{2} \quad (3.3)$$

on:

$D_e$  és el diàmetre exterior de la sabata del mostrejador

$D_i$  és el diàmetre interior de la sabata del mostrejador

- 5 A la taula D.8 s'especifiquen els diferents tipus de mostrejadors, el mètode de clavament i la categoria adjudicada.
- 6 A més de les mostres de sòl o roca assenyalades, el reconeixement geotècnic ha d'incloure la presa de mostres d'aigua dels diferents aqüífers trobats, a fi de preveure possibles problemes d'agressivitat o contaminació. En alguns casos aquestes mostres serviran per a una millor definició de la hidrogeologia de la zona d'estudi.
- 7 Una vegada extretes les mostres s'ha de procedir a parafinar-les o a protegir-les adequadament i s'han de traslladar al laboratori d'assaig en les millors condicions possibles.

### 3.2.5 Caracterització de massissos rocallosos

- 1 Als efectes d'aquest DB, un massís rocallós es caracteritza per la resistència de la roca matriu, que s'ha de matisar amb altres propietats de la seva discontinuïtat, com ara obertura, rugositat, tipus de rebliment, espaiament, índex de fractura, persistència, classe RQD, o presència d'aigua. Aquests paràmetres es poden utilitzar per determinar altres índexs, com ara l'RMR, indicatiu del comportament global del massís rocallós. A les taules D.9 a D.17 s'indiquen criteris per a aquesta caracterització.

### 3.2.6 Assajos de laboratori

- 1 De totes les mostres obtingudes en cales o sondejos s'ha de fer una descripció en què es detallin els aspectes que no són objecte d'assaig, com el color, olor, litologia de les graves o trossos de roca, presència de runa o materials artificials, etc., així com defectes eventuals en la qualitat de la mostra, perquè sigui inclosa en algunes de les categories A o B.
- 2 El nombre de determinacions del valor d'un paràmetre d'una unitat geotècnica investigada ha de ser l'adequat perquè aquest sigui fiable. Per a una superfície d'estudi de fins a 2.000 m<sup>2</sup>, en cada unitat d'importància geotècnica es considera orientatiu el nombre de determinacions que s'indica a la taula 3.7.
- 3 S'ha de procurar que els valors s'obtinguin de mostres procedents de punts d'investigació diferents, una vegada que s'hagin identificat com a pertanyents a la mateixa capa. Les determinacions es poden obtenir mitjançant assajos al laboratori, o si és factible amb assajos in situ, aplicant-hi les oportunitats correlacions si fossin necessàries.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 4 Per a superfícies més grans s'han de multiplicar els números de la taula 3.7 per  $(s/2000)^{1/2}$ , en què s és la superfície d'estudi en m<sup>2</sup>.

**Taula 3.7. Nombre orientatiu de determinacions in situ o assajos de laboratori per a superfícies d'estudi de fins a 2.000 m<sup>2</sup>**

Propietat	Terreny	
	T-1	T-2
Identificació		
Granulometria	3	6
Plasticitat	3	5
Deformabilitat		
Argiles i llims	4	6
Sorres	3	5
Resistència a la compressió simple		
Sòls molt tous	4	6
Sòls de tous a durs	4	5
Sòls fissurats	5	7
Resistència al tall		
Argiles i llims	3	4
Sorres	3	5
Contingut de sals agressives	3	4

- 5 Els assajos indicats a la taula 3.7 corresponen a cada unitat geotècnica que pugui ser afectada per les fonamentacions. El nombre de determinacions in situ o assajos indicats correspon a edificis C-1 o C-2. Per a edificis C-3 o C-4 els valors del quadre es recomana incrementar-los un 50%.
- 6 Per a terrenys tipus T-3 s'ha de decidir el tipus i nombre de determinacions, que mai no han de ser inferiors a les indicades per al T-2.
- 7 A la taula D.18 s'indiquen assajos considerats adequats per a la determinació de les propietats més usuals d'un sòl o d'una roca matriu.
- 8 Els resultats dels assajos granulomètrics de sòls permeten matisar els criteris de classificació denominant-los amb una paraula segons el seu component principal, que es pot acompanyar de qualificatius i sufixos segons els components secundaris tenint en compte el barem de proporció en % de pes de cada fracció de sòl segons el que s'indica a les taules D.20 i D.21.
- 9 Per a la comprovació dels estats límit considerats en els diferents capítols d'aquest DB s'ha de distingir entre els sòls que tinguin una proporció en fins (llim + argila) inferior al 35% i els que superin aquesta proporció, i uns i altres es poden denominar tal com s'indica a les taules D.20 i D.21.
- 10 L'acidesa Baumann-Gully i el contingut en sulfats, detectats en mostres de sòl i roques, així com determinats components químics, presents a l'aigua freàtica, permeten classificar l'agressivitat química del terreny enfront del formigó. A la taula D.22 figura la classificació de l'agressivitat química recollida a la Instrucció de formigó estructural EHE.
- 11 Per caracteritzar l'agressivitat de l'aigua freàtica s'ha de prendre com a mínim una mostra en el 50% dels sondejos.
- 12 La Instrucció EHE estableix l'ús de fonaments que posseeixin una resistència addicional als sulfats, segons la norma UNE 80303:96, per a una exposició tipus Q, és a dir, sempre que el contingut en sulfats del terreny sigui igual o superior a 3000 mg/kg (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en sòls ≥ 3000 mg/kg) i de 600 mg/kg a l'aigua freàtica (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en aigües ≥ 600 mg/l).

### 3.3 Contingut de l'estudi geotècnic

- 1 L'estudi geotècnic ha d'incloure els antecedents i les dades recollides, els treballs de reconeixement efectuats, la distribució d'unitats geotècniques, els nivells freàtics, les característiques geotècniques del terreny identificant en les unitats rellevants els valors característics dels paràmetres obtinguts i els coeficients sismoresistents, si és necessari.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 2 En l'estudi s'ha de recollir la distribució d'unitats geotècniques diferents, els seus gruixos, extensió i identificació litològica, fins a la profunditat establerta en els reconeixements. Per a això s'han d'elegir els perfils geotècnics longitudinals i transversals que millor representin la distribució d'aquestes unitats. Per als edificis de categories C-0 i C-1 el nombre de perfils mínim ha de ser de dos i per a la resta de tres. Si s'escau s'ha de determinar la unitat geotècnica resistent, així com les agrupacions d'unitats geotècniques de característiques similars. Igualment s'ha de recollir la profunditat de les aigües freàtiques i, si s'escau, les seves oscil·lacions.
- 3 De cadascuna de les unitats geotècniques rellevants se n'ha de donar la identificació, en els termes continguts a les taules d'aquest DB, i d'acord amb els assajos i altra informació de contrast utilitzada, els paràmetres essencials per determinar les resistències de cada unitat geotècnica, com ara densitat, fricció, cohesió, i els de deformabilitat, expansivitat, col·lapse, i paràmetres d'agressivitat d'aigua i terreny.
- 4 En municipis amb acceleració sísmica d'almenys 0,08 g, o si s'ha sol·licitat expressament, de cada sondeig, s'ha d'identificar la classificació de cada unitat geotècnica o estrat als efectes del seu comportament sísmic, segons la NSCE. Si no s'ha explorat fins a 30 m de profunditat, s'ha de justificar el valor assignat als estrats per sota de la profunditat explorada. El coeficient C de cada sondeig s'ha d'establir com a mitjana del valor de cada estrat, ponderada amb el seu gruix. Si els resultats dels diferents sondejors són diferents, s'ha de concloure, justificadament, el valor C amb el qual s'ha d'obtenir tant l'acció sísmica de l'emplaçament, com el càlcul de l'efecte esmentat en l'edifici i els seus fonaments. La justificació ha de ser molt més matisada com més s'aparti el valor de C d'1,15.
- 5 Els resultats de l'estudi, incloent-hi la descripció del terreny, s'han de referir a les diferents unitats geotècniques. Si s'escau, les possibles alternatives de solució de fonamentació, excavació o elements de contenció si s'escau, tècnicament i econòmicament viables, s'han d'establir d'acord amb els problemes plantejats així com amb la possible interacció amb altres edificis i serveis pròxims.
- 6 L'estudi geotècnic ha de contenir un apartat exprés de conclusions i, si s'escau, a petició del projectista o del director d'obra, de recomanacions constructives en relació amb la fonamentació, i ha d'incloure els annexos necessaris. En l'apartat de conclusions i recomanacions s'han de recollir aquestes de tal manera que es puguin adoptar les solucions més idònies per a la realització del projecte per al qual s'ha fet l'estudi geotècnic. Així mateix s'han d'indicar els possibles treballs complementaris a realitzar en fases posteriors, abans o durant l'obra, a fi de solucionar les limitacions que s'hi hagin pogut observar.
- 7 Les recomanacions avantdites han de ser qualitatives i quantitatives, i s'han de concretar tots els valors necessaris amb la precisió requerida per ser utilitzats per a l'anàlisi i dimensionament dels fonaments, els elements de contenció o el moviment de terres.
- 8 L'estudi, en funció del tipus de fonamentació, ha d'establir els valors i especificacions necessaris per al projecte relatiu a:
  - a) cota de fonamentació;
  - b) pressió vertical admissible (i d'enfonsament) en valor total i, si s'escau, efectiu, tant bruta com neta;
  - c) pressió vertical admissible de servei (assentaments tolerables) en valor total i, si s'escau, efectiu, tant bruta com neta;
  - d) en el cas de pilons, resistència a l'enfonsament desglossada en resistència per punta i per fust;
  - e) paràmetres geotècnics del terreny per al dimensionament d'elements de contenció. Empentes del terreny: actiu, passiu i repòs;
  - f) dades de la llei "tensions en el terreny-desplaçament" per al dimensionament d'elements de pantalles o altres elements de contenció;
  - g) mòduls de balast per idealitzar el terreny en càlculs de dimensionament de fonamentacions i elements de contenció, mitjançant models d'interacció sòl-estructura;
  - h) resistència del terreny enfront d'accions horitzontals;
  - i) assentaments i assentaments diferencials, esperables i admissibles per a l'estructura de l'edifici i dels elements de contenció que es pretén consolidar;

## Document bàsic SE-C Fonaments

- j) qualificació del terreny des del punt de vista de la seva ripabilitat, procediment d'excavació i terraplenament més adequat. Talussos estables en els dos casos, amb caràcter definitiu i durant l'execució de les obres;
- k) situació del nivell freàtic i variacions previsibles. Influència i consideració quantitativa de les dades per al dimensionament de fonamentacions, elements de contenció, drenatges, talussos i impermeabilitzacions;
- l) la proximitat a rius o corrents d'aigua que puguin alimentar el nivell freàtic o donar lloc a la socavació dels fonaments, arrossegaments, erosions o dissolucions;
- m) quantificació de l'agressivitat del terreny i de les aigües que contingui, per a la seva qualificació per tal d'establir les mesures adequades a la durabilitat especificada en fonamentacions i elements de contenció, d'acord amb els documents bàsics relatius a la seguretat estructural dels diferents materials o la instrucció EHE;
- n) caracterització del terreny i coeficients a utilitzar per realitzar el dimensionament sota l'efecte de l'acció sísmica;
- o) quantificació de totes les dades relatives al terreny i a les aigües que contingui que siguin necessàries per al dimensionament de l'edifici, en aplicació d'aquest DB, altres documents bàsics relatius a la seguretat estructural dels diferents materials o la instrucció EHE, i a altres DB, especialment al DB-HS (Habitabilitat: salubritat);
- p) quantificació dels problemes que poden afectar l'excavació especialment en el cas d'edificacions o serveis pròxims existents i les afeccions a aquests;
- q) relació d'assumptes concrets, valors determinats i aspectes constructius a confirmar després d'iniciada l'obra, a l'inici de les excavacions o en el moment adequat que així s'indiqui, i abans d'executar la fonamentació, els elements de contenció o els talussos previstos.

### 3.4 Confirmació de l'estudi geotècnic abans de l'execució

- 1 Una vegada iniciada l'obra i iniciades les excavacions, a la vista del terreny excavat i per a la situació precisa dels elements de la fonamentació, el director d'obra ha d'apreciar la validesa i suficiència de les dades aportades per l'estudi geotècnic, i adoptar en casos de discrepància les mesures oportunes per a l'adequació de la fonamentació i de la resta de l'estructura a les característiques geotècniques del terreny.

## 4 Fonamentacions directes

### 4.1 Definicions i tipologies

- 1 Una fonamentació directa és la que reparteix les càrregues de l'estructura en un pla de suport horitzontal (vegeu la figura 4.1). Les fonamentacions directes s'utilitzen per transmetre al terreny les càrregues d'un o diversos pilars de l'estructura, dels murs de càrrega o de contenció de terres en els soterranis, dels forjats o de tota l'estructura.
- 2 Quan les condicions ho permetin s'han d'utilitzar fonamentacions directes, que habitualment, però no sempre, es construeixen a poca profunditat sota la superfície, per la qual cosa també s'anomenen fonamentacions superficials.

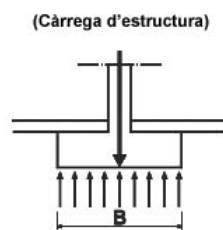


Figura 4.1. Fonament directe

- 3 Els tipus principals de fonaments directes i la seva utilització més usual es recullen a la taula 4.1. Figura 4.2.

Taula 4.1. Tipus de fonaments directes i la seva utilització més usual

Tipus de fonament directe	Elements estructurals més usuals als quals serveixen de fonamentació
Sabata aïllada	Pilar aïllat, interior, mitger o de cantonada
Sabata combinada	2 o més pilars contigus
Sabata contínua	Alineacions de 3 o més pilars o murs
Pou de fonamentació	Pilar aïllat
Engraellat	Conjunt de pilars i murs distribuïts, en general, en retícula.
Llosa	Conjunt de pilars i murs

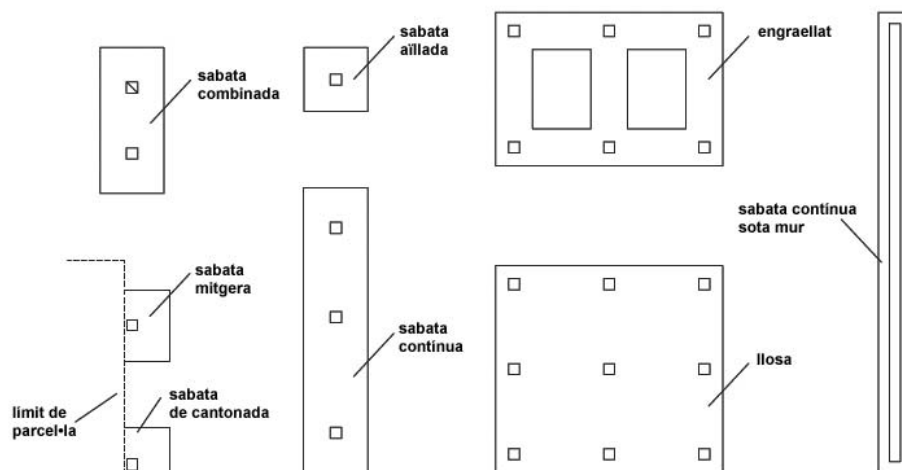


Figura 4.2. Tipus de fonamentacions directes

#### 4.1.1 Sabates aïllades

- 1 Quan el terreny és ferm i competent, es pugui fonamentar amb una pressió mitjana alta i s'esperin assentaments petits o moderats, la fonamentació normal dels pilars d'un edifici s'ha de basar en sabates individuals o aïllades.
- 2 En general, les sabates interiors han de ser de planta quadrada, tant per la seva facilitat constructiva com per la senzillesa de la manera estructural de treball. Tanmateix, pot convenir dissenyar sabates de planta rectangular o amb una altra forma, entre altres, en els casos següents:
  - a) les separacions entre crugies siguin diferents en dos sentits perpendiculars;
  - b) hi hagi moments flectors en una direcció;
  - c) els pilars siguin de secció rectangular;
  - d) s'hagin de consolidar dos pilars contigus separats per una junta de dilatació;
  - e) casos especials de difícil geometria.
- 3 Si els condicionants geomètrics ho permeten, les sabates de paret mitgera han de ser de planta rectangular, preferentment amb més dimensió paral·lela a la paret mitgera, i les de cantonada de planta quadrada.
- 4 Des del punt de vista estructural s'han de tenir en compte les prescripcions de la instrucció EHE (figura 4.3), i s'han de considerar estructuralment rígides les sabates el vol  $v$  de les quals, en la direcció principal de màxim vol, sigui menor o igual que dues vegades el cantell  $h$  ( $v \leq 2h$ ). Les sabates es consideren flexibles en cas contrari ( $v > 2h$ ). Aquesta definició de rigidesa estructural no pressuposa cap comportament específic sobre la distribució de pressions en el terreny i s'inclou en aquest DB únicament a efectes de diferenciar-la del concepte de rigidesa relativa descrit a 4.2.1.2.

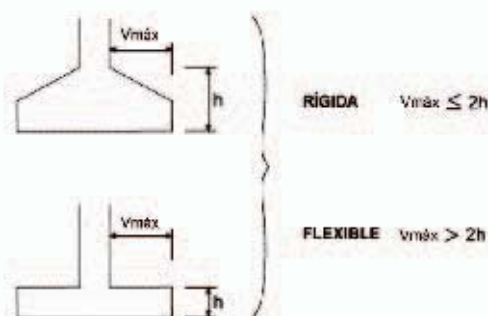


Figura 4.3. Concepte de rigidesa estructural

- 5 Les sabates aïllades es poden unir entre si mitjançant bigues de lligament o soleres, que tenen com a objecte principal evitar desplaçaments laterals. En especial s'ha de tenir en compte la necessitat de lligament de sabates en els casos prescrits a la Norma de construcció sismoresistent NCSE vigent.
- 6 Pot ser convenient unir sabates aïllades, en especial les fortament excèntriques com ara les de paret mitgera i de cantonada, a altres sabates contigües mitjançant bigues centradores per resistir moments aplicats per murs o pilars, o per redistribuir càrregues i pressions sobre el terreny (vegeu la figura 4.4). Per complir aquesta tasca es pot disposar així mateix d'altres múltiples possibilitats de disseny (contribució de forjats, introducció de tirants, etc.), i en cada cas s'ha de justificar.
- 7 En el cas de bigues de lligament o bigues centradores formigonades directament sobre el terreny, s'han de considerar els possibles esforços derivats de l'assentament previst a les sabates unides per aquestes. De la mateixa manera s'han de considerar els efectes derivats de qualsevol altre moviment relatiu que pugui induir esforços sobre les bigues esmentades i sobre els altres elements de fonamentació units per aquestes. En especial no es considera aconsellable recórrer al suport directe de les bigues d'unió entre sabates en el cas de consolidar sobre terrenys metaestables (expansius o col·lapsables).

## Document bàsic SE-C Fonaments

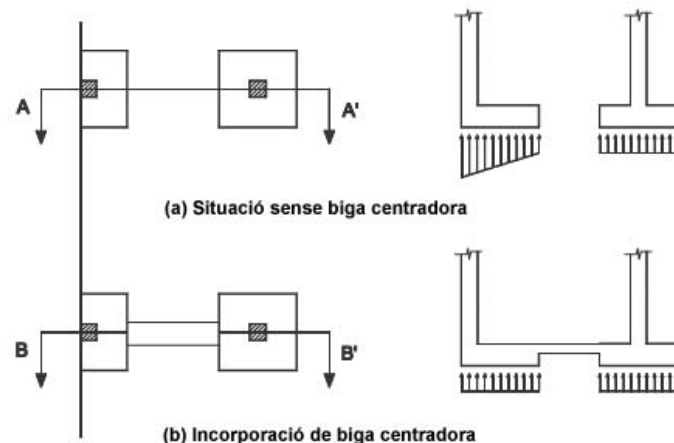


Figura 4.4. Exemple de la utilització de bigues centradores per a la redistribució de pressions sobre el terreny

#### 4.1.2 Sabates combinades i contínues

- 1 Quan la capacitat portant del terreny sigui petita o moderada, hi hagi diversos pilars molt pròxims entre si, o bé les càrregues per pilar siguin molt elevades, el dimensionament dels fonaments pot donar lloc a sabates aïllades molt pròximes, fins i tot cavalcades. En aquest cas es pot recórrer a la unió de diverses sabates en una de sola, anomenada sabata combinada quan reculli dos o més pilars, o sabata contínua quan en reculli tres o més d'alineats.
- 2 El disseny de sabates combinades o contínues pot ser recomanable per evitar moviments o assentaments diferencials excessius entre diversos pilars, ja sigui per una variació important de les seves càrregues o per possibles heterogeneïtats del terreny de fonamentació.
- 3 Així mateix, si en la base del pilar es produeixen moments flectors importants, cosa que pot donar lloc a excentricitats grans, les sabates combinades i contínues poden constituir una solució apropiada, ja que poden facilitar que, en conjunt, la càrrega total se situï relativament centrada amb el centre de gravetat de la sabata.
- 4 La forma habitual en planta de les sabates combinades és la rectangular, encara que ocasionalment pot resultar convenient utilitzar sabates combinades de formes irregulars, particularment de planta trapezoidal.
- 5 Un cas particular de sabata contínua és la utilitzada per consolidar murs. En el cas de murs de soterrani en què els pilars formen part del mur sobresortint d'aquest, el fonament del mur més el pilar es pot considerar una sabata contínua que generalment té un eixamplament a la zona del pilar en sentit transversal.
- 6 El cas de murs de contenció o murs de soterrani que hagin de suportar empentes horitzontals de sòl o aigua freàtica es desenvolupa al capítol 6.

#### 4.1.3 Pous de fonamentació

- 1 Es poden realitzar pous de fonamentació quan el terreny ho permeti i l'execució sigui avantatjosa respecte a altres solucions.
- 2 Els pous més habituals en edificació són de dos tipus (vegeu la figura 4.5). El primer consisteix en un rebliment de l'excavació des de la cota de suport amb formigó pobre, situant la sabata a sobre d'aquest de manera que es transmetin les càrregues a la profunditat desitjada. El segon tipus, menys habitual, consisteix a baixar la cota de la sabata fins a assolir el nivell de terreny competent de suport, elevant a continuació un plint de gran rigidesa amb la finalitat d'evitar problemes de vinculament.
- 3 La comprovació dels estats límit últim i de servei s'ha de fer sobre el pla de suport elegit de manera anàloga al de sabates aïllades, afegint a les càrregues transmeses per l'estructura el pes de la columna de formigó pobre.
- 4 En la comprovació de l'estat límit últim enfront de l'enfonsament s'ha de tenir en compte la profunditat del pla de suport i l'ús del concepte de pressió neta (apartat 4.3).
- 5 En cas que no es justifiqui la col·laboració lateral del terreny seguint els criteris de la mecànica del sòl i hi hagi moments o esforços horitzontals apreciables s'han d'introduir bigues centradores.

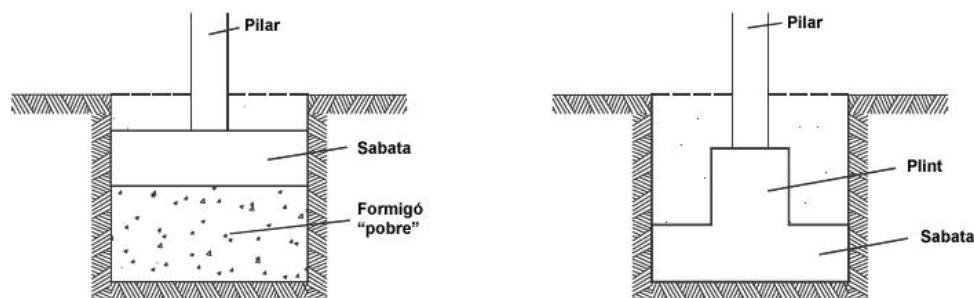


Figura 4.5. Tipus principals de pous de fonamentació

#### 4.1.4 Engraellats

- 1 Quan el terreny presenti una capacitat de càrrega baixa i una deformabilitat elevada, o bé mostri heterogeneïtats que facin preveure assentaments totals elevats i, consegüentment, importants assentaments diferencials, es pot consolidar pel sistema d'engraellats.
- 2 En aquest cas tots els pilars de l'estructura han de quedar recollits en una única fonamentació, consistent en sabates contínues entrecreuades en una malla habitualment ortogonal. En quedar així reunits tots els suports de l'estructura en una sola fonamentació es pot aconseguir una considerable rigidització amb la finalitat de disminuir el problema de l'heterogeneïtat del terreny i impedir grans assentaments diferencials.

#### 4.1.5 Lloses

- 1 Es poden utilitzar en els casos indicats a l'apartat anterior o quan l'àrea coberta per possibles fonamentacions aïllades o per engrallats cobreixi un percentatge elevat de la superfície d'ocupació a la planta de l'edifici.
- 2 Les lloses de fonamentació poden ser dels tipus següents: contínua i uniforme, amb reforços sota pilars, amb pedestals, amb secció en calaix, nervada, alleugerida. Figura 4.6
- 3 La llosa ha de recollir els elements estructurals de l'edifici i cobrir l'àrea disponible, i així dona lloc a la mínima pressió unitària, però a la màxima amplada de fonamentació. Especialment en el cas de sòls compressibles de gran gruix, aquestes consideracions poden donar lloc a assentaments considerables llevat que es plantegin compensacions de càrregues (vegeu el paràgraf 6 d'aquest apartat).

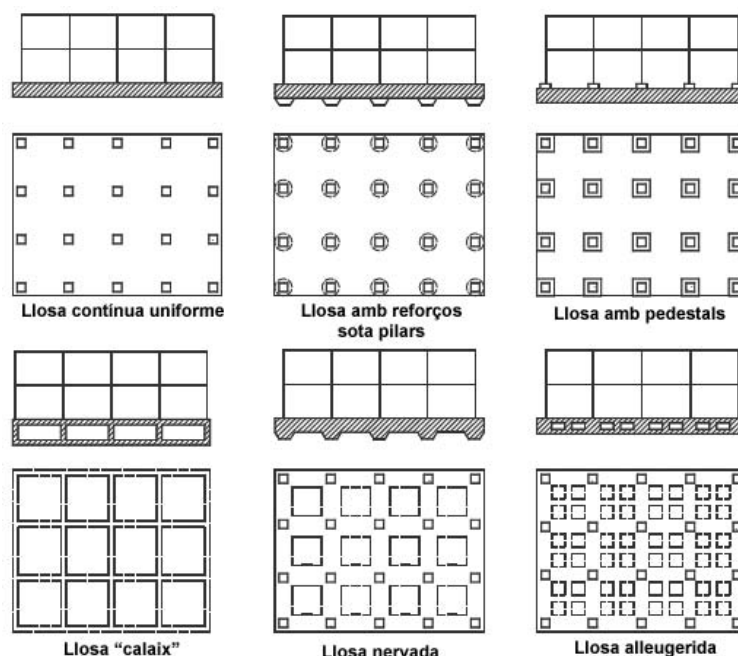


Figura 4.6. Tipus de lloses de fonamentació



- 4 Les lloses de fonamentació s'utilitzen preferentment per reduir els assentaments diferencials en terrenys heterogenis, o quan hi ha una variabilitat important de càrregues entre suports pròxims. El sistema de fonamentació per llosa tendeix a integrar aquestes heterogeneïtats, encara que a canvi d'una distribució irregular de les pressions sobre el terreny.
- 5 També pot ser convenient una solució mitjançant llosa quan, encara que el terreny de suport sigui homogeni i resistent, l'edifici contingui soterranis i la seva cota inferior se situï per sota del nivell freàtic. En aquests casos s'han de tenir en compte les possibles empentes ascensionals de l'aigua subàlvia (subpressió) i els requisits d'estanquitat necessaris.
- 6 Si l'edifici ha de disposar de soterranis i fonamentar per mitjà de llosa, és possible que el pes de les terres excavades sigui semblant al pes total de l'edifici. En aquest cas, la pressió unitària neta que transmet la llosa al terreny és del mateix ordre de magnitud que la pressió efectiva preexistent, i els assentaments seran probablement de petita entitat. Aquesta situació particular es denomina fonamentació compensada.
- 7 La fonamentació compensada d'edificis amb zones d'altura diferent (i per tant de pes) pot requerir la disposició d'un nombre variable de soterranis distribuïts de manera proporcional al nombre de plantes a construir per damunt de la superfície del terreny. En aquestes circumstàncies és necessari disposar juntures estructurals degudament tractades entre les diferents zones de l'edifici, i intentar que el centre de gravetat de les accions de l'estructura a cada zona coincideixi amb el centre de gravetat de les lloses, de manera que es redueixi qualsevol tendència al gir. Així mateix és necessari analitzar amb detall els assentaments induïts sobre les construccions adjacents.

## 4.2 Anàlisi i dimensionament

### 4.2.1 Criteris bàsics

#### 4.2.1.1 Concepte d'enfonsament

- 1 En un fonament, l'aplicació d'una càrrega vertical creixent  $V$  dona lloc a un assentament creixent (figura 4.7). Les diverses formes que poden adoptar les corbes pressió-assentament depenen en general de la forma i mida de la sabata, de la naturalesa i resistència del sòl i de la càrrega aplicada (tipus, velocitat d'aplicació, freqüència, etc.).

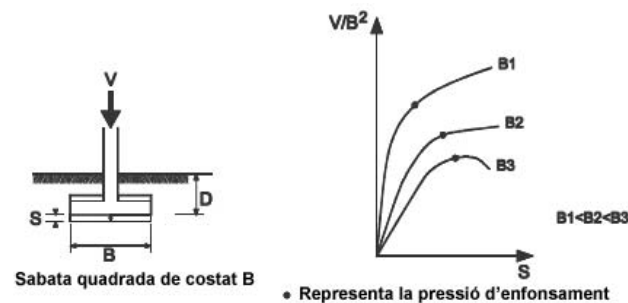


Figura 4.7. Concepte de pressió d'enfonsament

- 2 Mentre la càrrega  $V$  sigui petita o moderada, l'assentament creixerà de manera aproximadament proporcional a la càrrega aplicada. Tanmateix, si la càrrega  $V$  continua augmentant, el pendent de la relació assentament-càrrega s'accentua, i finalment arriba a una situació en què es pot sobrepassar la capacitat portant del terreny, esgotar la seva resistència al tall i produir moviments inadmissibles, situació que s'identifica amb l'enfonsament.
- 3 La càrrega  $V$  per a la qual s'assoleix l'enfonsament és funció de la resistència al tall del terreny, de les dimensions i forma de la fonamentació, de la profunditat a la qual està situada, del pes específic del terreny i de les condicions de l'aigua subàlvia.

#### 4.2.1.2 Rigidesa relativa terreny-estructura. Esforços sobre els elements de fonamentació

- 1 La transmissió de les càrregues de l'edifici al terreny planteja un complex problema d'interacció entre els tres elements implicats: estructura, fonamentació i terreny. Els principals factors a considerar en aquest procés d'interacció són el tipus i característiques del terreny, la forma i dimensions de la fonamentació i la rigidesa relativa terreny-estructura i terreny-fonamentació.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 2 A part de la rigidesa de la fonamentació, la mateixa rigidesa de l'estructura a consolidar també induïx restriccions al moviment i a la resposta associada del terreny. En el cas més general, quan el terreny tendeixi a assentar-se per efecte de la pressió aplicada, l'estructura, en funció de la seva rigidesa, redistribueix els seus esforços, i al seu torn modifica les sol·licitacions sobre els fonaments i el terreny. La situació d'equilibri final depèn per tant de la rigidesa relativa del conjunt terreny-fonament-estructura.
- 3 En l'actualitat no es disposa de mètodes analítics que permetin determinar amb exactitud les càrregues d'estructura i la seva redistribució en funció de la resposta del terreny i els esforços sobre els fonaments corresponents a l'equilibri final.
- 4 Llevat dels casos en què tant l'estructura com la fonamentació es considerin rígides, els esforços en sabates contínues, engrallats i lloses de fonamentació s'han d'avaluar tenint en compte els fenòmens d'interacció terreny-estructura. Als efectes d'aquest DB es poden utilitzar els conceptes i mètodes simplificats que figuren a l'annex E.

**4.2.1.3 Models d'interacció**

- 1 Per a casos senzills i habituals, en general per als edificis de tipus C-0, C-1 i C-2 i grup de terreny T1 i T2, es poden utilitzar mètodes basats en el modelatge del terreny per mitjà de coeficients de balast, sistema que, encara que subjecte a limitacions, compta amb una àmplia experiència pràctica (vegeu l'annex E).
- 2 Per a les situacions en què les característiques del terreny o l'estructura resultin especialment complexes (en el sentit de no ajustar-se a la pràctica habitual), és preferible utilitzar mètodes avançats que incorporin models de comportament del terreny més d'acord amb la realitat.
- 3 Per a situacions en què el terreny resulti heterogeni en sentit horitzontal, és recomanable utilitzar eines de càlcul que permetin introduir mòduls de balast variables capaços de reproduir aquesta heterogeneïtat.
- 4 En l'estat actual del coneixement l'obtenció de paràmetres de deformabilitat del terreny i l'estimació d'assentaments estan subjectes a incerteses considerables. Per a edificis de categories C-3 i C-4 es recomana portar a terme una anàlisi de sensibilitat que permeti estudiar la influència en el dimensionament final de possibles desviacions dels paràmetres característics seleccionats.

**4.2.2 Verificacions**

- 1 Les comprovacions per verificar que una fonamentació superficial compleix els requisits necessaris s'han de basar en el mètode dels estats límit, tal com s'indica a l'apartat 2.2.

**4.2.2.1 Estats límit últims**

- 1 S'ha de verificar que el coeficient de seguretat disponible amb relació a les càrregues que produïrien l'esgotament de la resistència del terreny per a qualsevol mecanisme possible de trencament sigui adequat. Els estats límit últims que sempre s'han de verificar per a les fonamentacions directes són (vegeu la figura 4.8):
  - a) enfonsament;
  - b) esllavissament;
  - c) bolcada;
  - d) estabilitat global;
  - e) capacitat estructural dels fonaments.
- 2 La verificació d'aquests estats límit per a cada situació de dimensionament s'ha de fer utilitzant l'expressió (2.2), en bolcada (2.1), i els coeficients de seguretat parcials per a la resistència del terreny i per als efectes de les accions de la resta de l'estructura sobre la fonamentació definits a la taula 2.1.

**4.2.2.1.1 Enfonsament**

- 1 L'enfonsament s'assoleix quan la pressió actuant (total bruta) sobre el terreny sota la fonamentació superi la resistència característica del terreny enfront d'aquesta forma de trencament, també anomenada pressió d'enfonsament. A l'apartat 4.3 s'estableix el mètode per a la seva determinació.

- 2 El valor de càlcul de la resistència del terreny o pressió admissible s'obté aplicant l'expressió (2.4) d'aquest DB i els coeficients parcials de la taula 2.1. Tenint en compte el valor dels coeficients de la taula 2.1 i les consideracions fetes a l'apartat 2.4.2.6 el seu valor es pot expressar per a cada situació de dimensionament mitjançant l'equació següent:

$$R_d = \frac{R_K}{\gamma_R} \quad (4.1)$$

on:

$R_K$  és el valor característic de la pressió d'enfonsament ( $q_h$ )

$\gamma_R$  és el coeficient parcial de resistència de la taula 2.1.

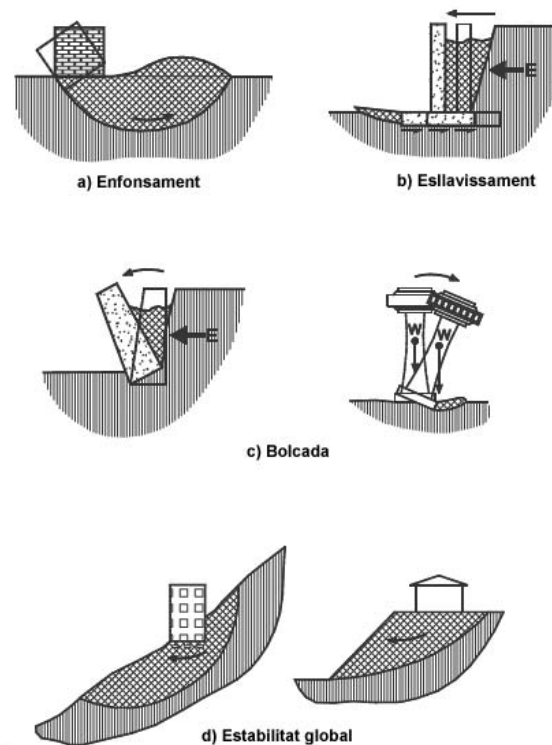


Figura 4.8. Exemples d'estats límit últims

#### 4.2.2.1.2 Esllavissament

- 1 Es pot produir aquesta forma de trencament quan, en elements que hagin de suportar càrregues horitzontals, les tensions de tall en el contacte de la fonamentació amb el terreny superin la resistència d'aquest contacte.
- 2 En el cas de sabates estructuralment lligades entre si en la comprovació a l'esllavissament s'ha de considerar la redistribució de les accions horitzontals entre elles.

#### 4.2.2.1.3 Bolcada

- 1 Es pot produir aquesta forma de trencament en fonamentacions que hagin de suportar càrregues horitzontals i moments importants quan, sent petita l'amplada equivalent de la fonamentació (vegeu l'apartat 4.3.1.3), el moviment predominant sigui el gir de la fonamentació.
- 2 La verificació enfront de la bolcada s'ha de realitzar en tots els elements de fonamentació que s'ajustin a les consideracions anteriors, tant de manera aïllada com conjunta, de l'edifici complet o de tot element estructuralment independent, quan en l'equilibri intervinguin accions o reaccions procedents del terreny.
- 3 En general en l'equilibri no es considera la col·laboració de l'empenta passiva, llevat que es pugui garantir que el terreny que el produeix sempre està present.

#### 4.2.2.1.4 Estabilitat global

- 1 Un edifici pot fallar globalment, sense que es produeixin abans altres fallades locals, quan es formi una superfície de trencament contínua (superfície d'esllavissament) que englobi una part o tota la fonamentació, i en la qual els esforços de tall assoleixin el valor de la resistència al tall del terreny.
- 2 Aquest tipus de trencament és típic en fonaments pròxims a la coronament de talussos d'excavació o rebliment, o en mitges costes, particularment si aquestes presenten una estabilitat natural precària.

#### 4.2.2.1.5 Capacitat estructural dels fonaments

- 1 Aquest estat límit s'assoleix quan els valors de càlcul dels efectes de les accions en els elements estructurals que componen els fonaments superin el valor de càlcul de la seva capacitat resistent.
- 2 La verificació d'aquest estat límit s'ha de fer d'acord amb l'apartat 2.4.2.4. Les accions del terreny sobre les fonamentacions, per verificar-ne la capacitat estructural, s'han de determinar seguint els criteris exposats a 4.2.1.2.

#### 4.2.2.2 Estats límit de servei

- 1 Les tensions transmeses per les fonamentacions donen lloc a deformacions del terreny que es tradueixen en assentaments, desplaçaments horitzontals i girs de l'estructura que, si resulten excessius, poden originar una pèrdua de la funcionalitat, produir fissuracions, esquerdaments o altres danys (vegeu la figura 4.9). S'ha de verificar que:
  - a) els moviments del terreny siguin admissibles per a l'edifici a construir;
  - b) els moviments induïts a l'entorn no afectin els edificis adjacents.
- 2 Les limitacions de moviment o els moviments màxims admissibles s'han d'estipular en cada cas en funció del tipus d'edifici, diferenciant entre l'edifici objecte del projecte i les construccions i serveis pròxims segons el que s'indica a l'apartat 2.4.3.

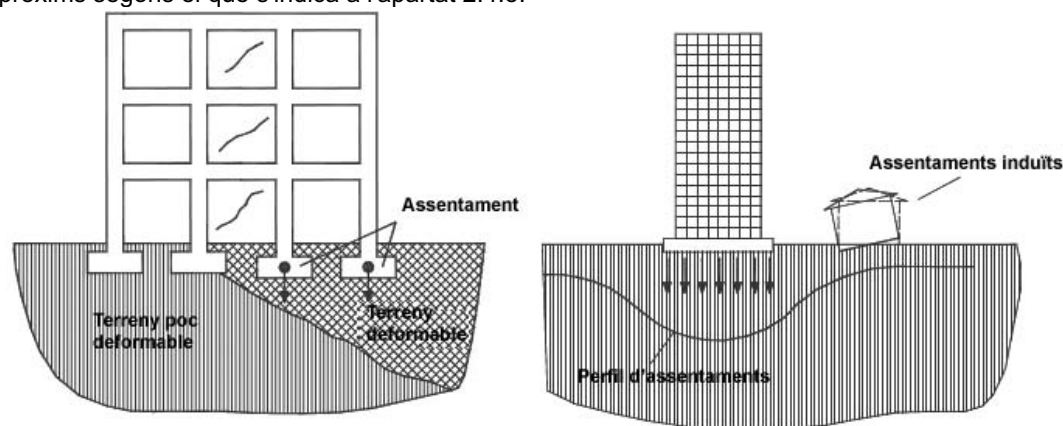
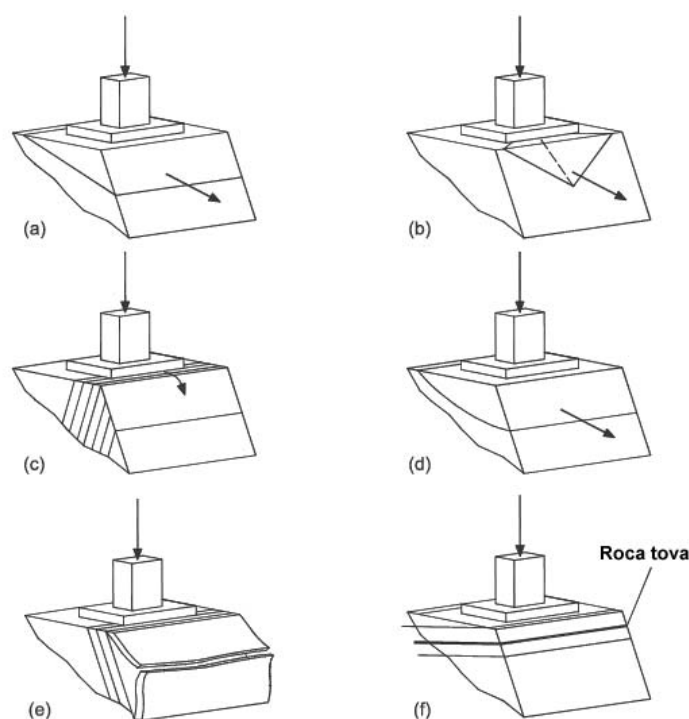


Figura 4.9. Exemples d'estats límit de servei

#### 4.2.2.3 Altres comprovacions addicionals

- 1 Les condicions que assegurin el bon comportament de la fonamentació s'han de mantenir durant la seva vida útil, la qual cosa fa necessari considerar la possible evolució de les condicions inicials a causa, entre altres, de les causes següents:
  - a) canvis de volum espontanis, com en el cas del col·lapse de rebliments mal compactats o sòls naturalment col·lapsables (loess, alguns llims guixencs, etc.);
  - b) canvis de volum deguts a modificacions en estat d'humitat de terrenys argilosos potencialment expansius;
  - c) fenòmens de dissolució càrstica;
  - d) soscavació en els cursos i ribes dels rius;
  - e) erosió interna del terreny per trencament de col·lectors o altres conduccions d'aigua;
  - f) deteriorament dels formigons de les fonamentacions en contacte amb terrenys o aigües subàlvies agressives;

- g) oscil·lacions del nivell de l'aigua que puguin donar lloc a canvis en els nivells de tensions efectives o a alteracions en la resistència o deformabilitat del sòl.
- 2 S'ha de prendre en consideració que la seguretat de la fonamentació es pot veure compromesa pels problemes següents:
- estabilitat d'excavacions durant l'execució de la fonamentació;
  - assentaments per mala qualitat en la construcció (falta de neteja del fons de les excavacions, per exemple);
  - problemes d'impermeabilització en soterranis i soleres;
  - possibles excavacions futures al costat de la fonamentació a realitzar;
  - efectes sísmics sobre el mateix terreny de fonamentació (liqüefacció).
- 3 En el cas de fonamentacions en roca poden concórrer problemes diversos deguts a l'estructura, orientació de diàclasis, anisotropia, etc. del massís. De forma orientativa, a la figura 4.10 es mostren algunes de les situacions que requereixen una anàlisi específica des del punt de vista de l'estabilitat o de la deformabilitat.



**Figura 4.10. Efectes de l'estructura geològica en la comprovació de l'estabilitat i deformabilitat de fonamentacions en roca.** (a) Eslavissament a favor de plans de discontinuïtat (bloc). (b) Eslavissament en presència de diverses famílies de discontinuïtats (falca) (c) Bolcada d'estrats (*toppling*) (d) Trencament generalitzat en massissos molt fracturats. (e) Vinclament d'estrats (f) Comprovació d'assentaments en alternances de roques de diferent deformabilitat.

## 4.2.3 Variables bàsiques i paràmetres del terreny

### 4.2.3.1 Estats límit últims

- 1 Per a la verificació de l'estat límit últim enfront de l'enfonsament en sòls és necessari disposar d'una estimació fiable de la resistència al tall característica de les unitats geotècniques rellevants. Aquesta resistència està expressada, en termes de tensions efectives, per l'angle de fricció interna ( $\phi'$ ) i la cohesió ( $c'$ ), preferiblement obtinguts mitjançant assajos de tall triaxials (CU o CD). No obstant això, es pot recórrer a les simplificacions següents:
- En sòls granulars nets i sense cohesió que no continguin més d'un 30% en pes de partícules de més de 20 mm de diàmetre, es pot estimar l'angle de fricció interna a partir de

## Document bàsic SE-C Fonaments

mètodes indirectes com ara el copejament de l'assaig SPT o la resistència per la punta del penetròmetre estàtic,  $q_c$  segons la taula 4.1 (figura D.1).

**Taula 4.1 Correlació entre copejament  $N_{SPT}$ , i CPT amb l'angle de fricció**

Angle de fricció interna del terreny	Molt solt		Solt		Mig dens		Dens		Molt dens	
	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°			
Copejament $N_{SPT}$ (nombre)	10	15	22	30	36	45	55			
Resistència per punta del penetròmetre estàtic (MPa)	-	2	4	7	15	21	30			

Per a la verificació directa de l'estat límit últim d'enfonsament es pot recórrer així mateix als mètodes simplificats descrits a l'apartat 4.3.3, basats en assajos de penetració. Si es disposa de resultats d'assajos de penetració estàtica, la resistència per la punta mesurada,  $q_c$ , es pot correlacionar amb el copejament de l'assaig SPT d'acord amb la taula 4.2 (figura D.2) en funció de la granulometria del terreny.

**Taula 4.2 Correlació entre CPT i  $N_{SPT}$**

	Sorra	Sorra llimosa	Sorra llimosa o llim	Llim argilenc o argila llimosa	Argila
$q_c / N$ (MPa / $n_{30}^{\circ}$ )	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$D_{50}$ (mm)	0,3	0,1	0,04	0,01	0,001

Per al cas de construccions del tipus C-3 i C-4 es pot recórrer a la comprovació dels paràmetres de resistència obtinguts indirectament pels procediments anteriors mitjançant l'execució d'assajos de laboratori amb mostres recompectades.

- b) En sòls granulars nets sense cohesió el contingut dels quals en partícules de mida superior a 20 mm superi el 30% en pes, els assajos SPT, de penetració dinàmica o estàtica, poden proporcionar resultats massa elevats a conseqüència de la gran mida de les partícules més grosses del sòl. Per a aquestes situacions es recomana recórrer a l'ús d'assajos del tipus *cross-hole* o *down-hole* per a l'estimació dels paràmetres de deformabilitat.
  - c) En sòls fins sense cohesió (llims no cohesius) poden ser aplicables els criteris apuntats al paràgraf a) anterior.
  - d) En sòls fins (llims i argiles), saturats i de baixa permeabilitat, és necessari comprovar les situacions de dimensionament transitòries de càrrega sense drenatge. Sota aquesta hipòtesi se suposa que els increments de pressió intersticial generats per les càrregues de l'edifici no es dissipen després de la seva aplicació. En termes generals i llevat de justificació expressa en contra, se suposa que es pot donar aquesta situació de dimensionament si el coeficient de permeabilitat del terreny saturat resulta inferior a  $k = 0,001$  mm/s. En aquest cas la resistència al tall del terreny es pot expressar en termes de tensions totals, representada mitjançant un angle de fricció interna  $\phi = 0$  i una cohesió  $c = c_u$ , aquesta última denominada resistència al tall sense drenatge. El valor d'aquesta resistència prové d'assajos triaxials UU o CU, o si s'escau, de compressió simple. Així mateix pot haver estat obtinguda de forma indirecta a partir d'assajos in situ (molinet, penetròmetre estàtic, pressiómetre). Llevat que es tingui una dilatada experiència local per a la selecció final de la resistència al tall sense drenatge a utilitzar en el càlcul, és recomanable que l'estudi geotècnic disposi, per a casos importants, de diferents tipus d'assaig, tant de camp com de laboratori, amb la finalitat de comparar resultats i seleccionar el seu valor característic.
  - e) En formacions rocalloses es poden aplicar els mètodes simplificats recollits a 4.3.4. Per a això és necessari que l'estudi geotècnic contingui informació descriptiva suficient quant al tipus de roca, la seva estructura i el grau de meteorització. Així mateix ha de contenir una valoració quantitativa de la resistència a la compressió simple i dels índexs RQD i RMR.
- 2 Si bé la verificació de l'estat límit últim d'enfonsament depèn de nombrosos factors que han de ser analitzats en cada situació particular, als efectes de predimensionament la taula D.25 recull algunes xifres orientatives del valor de càlcul de la resistència del terreny ( $R_d$ ), tradicionalment denominada pressió admissible ( $q_{adm}$ ), en funció del tipus de terreny.
  - 3 Per a la verificació de l'estat límit últim enfront de l'estabilitat global és necessari disposar dels paràmetres de resistència al tall de les unitats geotècniques implicades (angle de fricció interna i co-

## Document bàsic SE-C Fonaments

- hesió), en termes de tensions efectives ( $c'$ ,  $\phi'$ ) per a situacions drenades o en tensions totals ( $c = c_u$ ,  $\phi = 0$ ) per a situacions transitòries sense drenatge.
- 4 Per a la verificació de l'estat límit últim d'esllavissament al llarg de superfícies de contacte terreny-fonament, és necessari establir la resistència al tall d'aquest contacte. Si el model utilitzat per al terreny és un model de trencament del tipus Mohr-Coulomb ( $\tau = a' + \sigma \cdot \text{tg } \delta'$ ), com a valors per a fonamentacions convencionals de formigó armat executades sobre sòl es poden adoptar, per a l'adherència ( $a'$ ) (component cohesiva) i l'angle de fricció terreny-fonament ( $\delta'$ ) (component de fricció), els valors següents:
    - a) en termes de tensions efectives i per a un terreny de resistència al tall definida per paràmetres efectius ( $c'$ ,  $\phi'$ ):  $a' = 0$ ;  $\delta' = 3/4\phi'$ ;
    - b) en termes de tensions totals per a situacions transitòries en què el projectista consideri necessari utilitzar càlculs en condicions sense drenatge:  $\delta' = 0$ ;  $a' = c_u$ .
  - 5 En fonaments sobre terrenys expansius a la zona susceptible d'alteració d'humitat, es recomana que les pressions transmeses al terreny no siguin significativament inferiors a la d'inflament.

**4.2.3.2 Estats límit de servei**

- 1 Per a la verificació dels estats límit de servei és necessari disposar de paràmetres representatius de la deformabilitat del terreny. Normalment depenen del tipus de terreny en estudi i del mètode seleccionat per a l'estimació d'assentaments (vegeu l'apartat 4.4).
- 2 En l'estimació d'assentaments diferencials, depenent del tipus estructural s'ha de prestar especial atenció a les consideracions incloses a l'apartat 4.2.1.2.
- 3 En cas que el tipus de terreny faci preveure assentaments diferents a llarg termini és necessari portar a terme un estudi específic sobre la magnitud dels assentaments i el temps que tardaran a produir-se.
- 4 En situacions de poc risc en què hi hagi experiència local abundant, la comprovació dels estats límit de servei pot no requerir més informació del terreny, a part de les comprovacions dels perfils geotècnics, que les condicions hidrogeològiques i les propietats índex bàsiques, necessàries per assegurar la similitud del cas considerat i els casos sobre els quals es té experiència. En qualsevol cas, quan s'utilitzi aquest procediment per avaluar la seguretat de la fonamentació en estudi, s'ha de deixar constància explícita dels paràmetres geotècnics, sol·licitacions sobre la fonamentació i tipus de fonament.

## 4.3 Pressió admissible i d'enfonsament

### 4.3.1 Generalitats

#### 4.3.1.1 Definicions

- 1 En aquest DB s'utilitzen els termes següents quant a la identificació de les pressions en relació amb els principis clàssics de la mecànica del sòl (vegeu la figura 4.11):

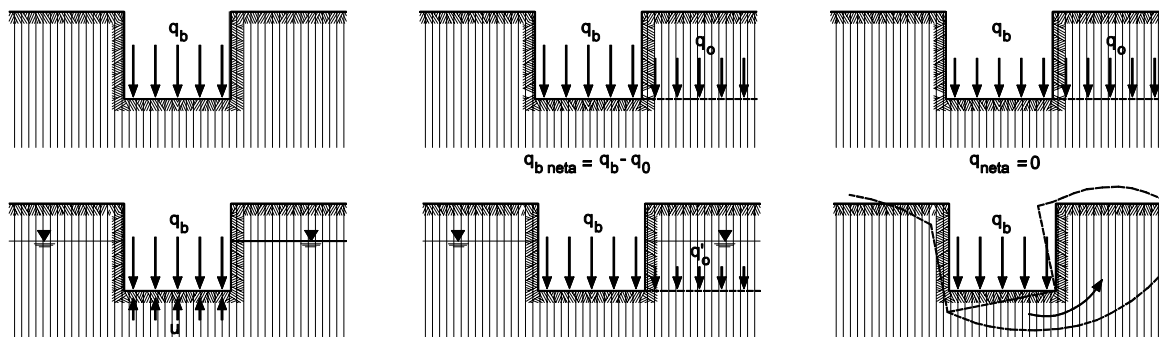


Figura 4.11. Definicions de pressions

- pressió total bruta ( $q_b$ ): És la pressió vertical total que actua a la base del fonament, definida com el quocient entre la càrrega total actuant, incloent-hi el pes del fonament i el que pugui gravitar sobre aquest, i l'àrea equivalent del fonament (vegeu 4.3.1.3);
- pressió efectiva bruta ( $q'_b$ ): És la diferència entre la pressió total bruta i la pressió intersticial d'equilibri, ( $u$ ), al nivell de la base del fonament;
- pressió total neta ( $q_{neta}$ ): És la diferència entre la pressió total bruta ( $q_b$ ) i la pressió vertical total existent en el terreny ( $q_0$ ) al nivell de la base del fonament (sobrecàrrega que estableix lateralment el fonament). La pressió total neta ( $q_{neta}$ ) és, per tant, l'increment de pressió vertical total a què es veu sotmès el terreny per sota del fonament a causa de les càrregues de la fonamentació;
- pressió efectiva neta ( $q'_{neta}$ ): És la diferència entre la pressió efectiva bruta ( $q'_b$ ) i la pressió efectiva vertical ( $q'_0$ ) al nivell de la base del fonament, deguda a la sobrecàrrega. La pressió total neta és igual a l'efectiva neta ( $q_{neta} = q'_{neta}$ );
- pressió vertical d'enfonsament ( $q_h, q'_h$ ): És la resistència característica del terreny  $R_K$ , definida tal com s'indica a l'apartat 2.4.2.6, per a l'estat límit últim d'enfonsament. Es pot expressar en termes de pressions totals o efectives, brutes o netes;
- pressió vertical admissible ( $q_{adm}, q'_{adm}$ ). És el valor de càlcul de la resistència del terreny ( $R_d$ ). Es pot expressar en termes de pressions totals o efectives, brutes o netes.
- pressió vertical admissible de servei ( $q_s, q'_s$ ): És la pressió vertical admissible d'una fonamentació tenint en compte no només la seguretat enfront de l'enfonsament, sinó també la seva tolerància als assentaments; per tant, igual o menor que la pressió vertical admissible. Es pot expressar en termes de pressions totals o efectives, brutes o netes.

#### 4.3.1.2 Mètodes per a la comprovació de l'estat límit últim d'enfonsament

- En fonamentacions sobre tot tipus de sòls la pressió admissible o valor de càlcul de la resistència del terreny  $R_d$  es pot determinar mitjançant l'expressió (4.1) utilitzant els mètodes analítics de l'apartat 4.3.2 per a la determinació de la pressió d'enfonsament i els valors  $\gamma_R$  de la taula 2.1.
- En el cas de fonamentacions sobre sòls amb menys del 35% de fins, es pot aplicar el mètode basat en assajos de penetració continguts a l'apartat 4.3.3, amb les limitacions que s'hi indiquen, per obtenir directament la pressió admissible de servei, i d'aquesta manera es considera verificat l'estat límit últim d'enfonsament. En sòls el contingut en gruixos de més de 20 mm dels quals superi el 30% en pes, en funció del resultat de l'assaig, pot ser convenient si s'escau la comprovació de la fiabilitat dels valors deduïts dels assajos SPT mitjançant assajos tipus *cross-hole* o *down-hole*.



## Document bàsic SE-C Fonaments

- 3 En el cas de fonamentacions en roca es pot aplicar el contingut de l'apartat 4.3.4 per obtenir directament la càrrega admissible, i d'aquesta manera es considera comprovat l'estat límit últim d'enfonament.

**4.3.1.3 Àrea equivalent d'un fonament**

- 1 L'àrea equivalent d'un fonament és la màxima secció cobaricèntrica amb la component vertical de la resultant de la sol·licitació a la base del fonament.
- 2 Quan per a qualsevol situació de dimensionament hi hagi excentricitat de la resultant de les accions respecte al centre geomètric del fonament, s'han de fer les comprovacions pertinents dels estats últims d'enfonament, i adoptar un fonament equivalent de les dimensions següents (vegeu la figura 4.12):

a) amplada equivalent,  $B^* = B - 2 \cdot e_B$  (4.2)

b) llargada equivalent,  $L^* = L - 2 \cdot e_L$  (4.3)

on:

$e_B$  i  $e_L$  són les excentricitats segons les dues direccions ortogonals de la sabata, suposada de secció rectangular en planta (vegeu la figura 4.12).

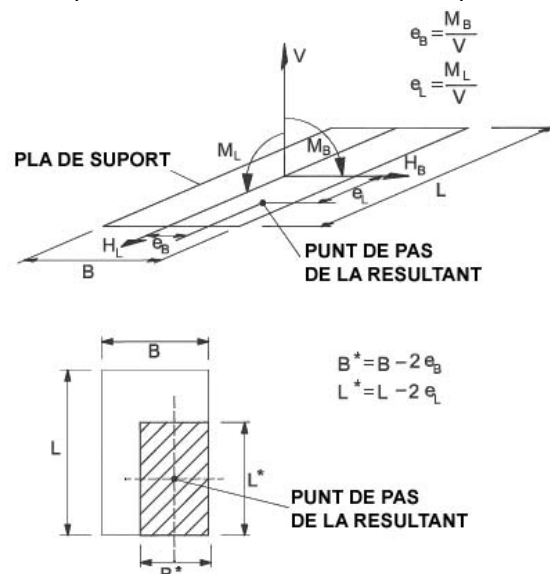
- 3 Els fonaments no rectangulars es poden assimilar a altres de similars conservant la mateixa superfície i el mateix moment d'inèrcia respecte a l'eix del moment resultant.
- 4 Calculades aquestes dimensions equivalents s'obté el valor de la pressió total bruta mitjana, definida per:

$$q_b = \frac{V}{B^* \cdot L^*} \quad (4.4)$$

on:

$V$  és la component vertical de la resultant de les accions a la base del fonament, incloent-hi el pes d'aquest i del que graviti lliurement sobre ell.

- 5 En sabates rectangulars es pot prendre com a secció equivalent la secció real si l'excentricitat de la resultant és menor d'1/20 del costat respectiu.
- 6 Quan la fonamentació inclogui elements estructurals destinats a centrar la resultant de les accions sobre aquella (bigues centradores, tirants, contribució de forjats, etc.), l'àrea equivalent de la fonamentació pot ser la definida per les seves dimensions reals en planta.



**Figura 4.12. Definició de sabata equivalent per a la comprovació d'estats límit últims.**

- 7 També s'ha de determinar, per a cada situació de dimensionament, l'angle "δ" que mesura la desviació de la resultant de les accions respecte a la vertical, així com les seves components segons dues direccions ortogonals:

$$\tan \delta = \frac{H}{V} \quad (4.5)$$

$$\tan \delta_B = \frac{H_B}{V} \quad (4.6)$$

$$\tan \delta_L = \frac{H_L}{V} \quad (4.7)$$

on:

H és la component horitzontal de la resultant de les accions

HB, HL són les components de H en dues direccions ortogonals (habitualment paral·leles als eixos o direccions principals de la fonamentació)

- 8 Normalment, el pla de fonamentació és horitzontal. Si aquest pla té una lleugera inclinació, el concepte vertical i horitzontal es pot canviar per normal i tangencial al pla de fonamentació i seguir aplicant-hi les regles indicades. Les inclinacions superiors al 3(H): 1(V) requereixen tècniques d'anàlisi específiques que excedeixen l'abast d'aquest DB.

### 4.3.2 Determinació de la pressió d'enfonsament mitjançant mètodes analítics

#### 4.3.2.1 Expressió analítica bàsica

- 1 La pressió d'enfonsament d'una fonamentació directa es defineix per l'equació (4.8). Es pot expressar en pressions totals o efectives, brutes o netes.

$$q_h = c_k N_c d_c s_c i_c t_c + q_{0k} N_q d_q s_q i_q t_q + \frac{1}{2} B^* \gamma_k N_\gamma d_\gamma s_\gamma i_\gamma t_\gamma \quad (4.8)$$

on:

$q_h$  és la pressió vertical d'enfonsament o resistència característica del terreny  $R_k$ ;

$q_{0k}$  és la pressió vertical característica al voltant del fonament al nivell de la seva base;

$c_k$  és el valor característic de la cohesió del terreny;

$B^*$  és l'amplada equivalent del fonament;

$\gamma_k$  és el pes específic característic del terreny per sota de la base del fonament;

$N_c, N_q, N_\gamma$  són els factors de capacitat de càrrega. Són adimensionals i depenen exclusivament del valor característic de l'angle de fricció intern característic del terreny ( $\phi_k$ ). Es denominen respectivament factor de cohesió, de sobrecàrrega i de pes específic;

$d_c, d_q, d_\gamma$  són els coeficients correctors d'influència per considerar la resistència al tall del terreny situat per damunt i al voltant de la base del fonament. Es denominen factors de profunditat;

$s_c, s_q, s_\gamma$  són els coeficients correctors d'influència per considerar la forma en planta del fonament;

$i_c, i_q, i_\gamma$  són els coeficients correctors d'influència per considerar l'efecte de la inclinació de la resultant de les accions respecte a la vertical;

$t_c, t_q, t_\gamma$  són els coeficients correctors d'influència per considerar la proximitat del fonament a un talús.

- 2 Els paràmetres característics de la resistència al tall del terreny ( $c_k, \phi_k$ ) han de ser representatius, per a cada situació de dimensionament, de la resistència del terreny en una profunditat compresa, almenys, entre vegada i vegada i mitja l'amplada real de la fonamentació (B), a comptar de la base d'aquesta.
- 3 L'expressió (4.8) es pot ampliar amb factors d'influència addicionals per tenir en compte l'existència d'una capa rígida a escassa profunditat sota la fonamentació, la inclinació de la base de la sabata, etc. Els factors a utilitzar en aquests casos s'han de considerar prou justificats i documentats, i s'han d'ajustar als criteris comunament acceptats en mecànica del sòl.
- 4 El desenvolupament dels coeficients correctors d'influència figura a l'annex F.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 5 A efectes pràctics, si el terreny és uniforme (de pes específic aparent aproximat  $\gamma' = 18 \text{ kN/m}^3$ ) i si la fonamentació es troba per damunt del nivell freàtic, sobre terreny horitzontal, es poden prendre els valors de la pressió d'enfonsament ( $q_h$ ) que figuren a la taula 4.3, vàlids per a sabates rectangulars d'una amplada equivalent compresa entre 1 i 3 m.

Taula 4.3. Pressions d'enfonsament per a sabates  $1 \leq B^* \leq 3$ , ( $\text{kN/m}^2$ )

$\phi$ (°)	ck ( $\text{kN/m}^2$ )	$B^*/L^* = 1$			$B^*/L^* = 0,5$			$B^*/L^* = 0,25$			$B^*/L^* = 0$		
		D (m)			D (m)			D (m)			D (m)		
		0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
0°	50	310	385	450	280	355	420	270	340	400	255	325	385
	100	615	750	860	565	690	790	540	660	755	515	630	720
	150	925	1120	1265	850	1025	1160	810	980	1110	770	935	1060
15°	10	145	255	375	140	245	360	135	240	355	130	235	350
	20	280	410	545	260	390	520	250	375	510	240	365	495
20°	10	215	385	570	210	375	560	205	370	555	200	365	550
	20	395	595	805	370	570	775	360	555	760	350	540	745
25°	10	335	605	915	330	600	905	330	595	900	330	595	895
	20	580	900	1240	560	870	1205	550	855	1185	535	840	1165
30°	0	190	580	1055	230	620	1095	250	640	1115	270	660	1135
	10	550	1010	1530	560	1015	1530	565	1015	1530	570	1020	1530
35°	0	425	1135	1990	520	1225	2085	565	1270	2130	610	1320	2175

on:

D és la profunditat definida a l'annex F

#### 4.3.3 Mètode simplificat per a la determinació de la pressió vertical admissible de servei en sòls granulars

- En sòls granulars la pressió vertical admissible de servei se sol trobar limitada per condicions d'assentament, més que per enfonsament. Atesa la dificultat en el mostreig d'aquests sòls, un mètode tradicional per al disseny de fonamentacions consisteix en l'ús de correlacions empíriques més o menys directes amb assajos de penetració, o amb un altre tipus d'assajos in situ al seu torn correlacionables amb aquest (vegeu l'apartat 4.2.3.1).
- Als efectes d'aquest DB, quan la superfície del terreny sigui marcadament horitzontal (pendent inferior al 10%), la inclinació amb la vertical de la resultant de les accions sigui menor del 10% i s'admeti la producció d'assentaments de fins a 25 mm, la pressió vertical admissible de servei es pot avaluar mitjançant les expressions següents basades en el copejament  $N_{\text{SPT}}$  obtingut en l'assaig SPT.

a) Per a  $B^* < 1,2 \text{ m}$

$$q_{\text{adm}} = 12 N_{\text{SPT}} \left( 1 + \frac{D}{3B^*} \right) \cdot \left( \frac{S_t}{25} \right) \text{ kN/m}^2 \quad (4.9)$$

b) Per a  $B^* \geq 1,2 \text{ m}$ :

$$q_d = 8 N_{\text{SPT}} \left[ 1 + \frac{D}{3B^*} \right] \cdot \left( \frac{S_t}{25} \right) \left( \frac{B^* + 0,3}{B^*} \right)^2 \text{ kN/m}^2 \quad (4.10)$$

on:

$S_t$  és l'assentament total admissible, en mm.

$N_{\text{SPT}}$  és el valor mitjà dels resultats, obtinguts en una zona d'influència de la fonamentació compresa entre un pla situat a una distància  $0,5B^*$  per damunt de la seva base i un altre de situat a una distància mínima  $2B^*$  per sota d'aquesta;

D és la profunditat definida a l'annex F

## Document bàsic SE-C Fonaments

El valor de  $\left[1 + \frac{D}{3B^*}\right]$  a introduir en les equacions ha de ser menor o igual a 1,3.

- 3 Si existeix nivell freàtic a l'altura de suport de la fonamentació o per damunt, per poder aplicar les fórmules anteriors s'ha de garantir mitjançant un procés constructiu adequat que les característiques mecàniques del terreny de fonamentació no s'alteren respecte als valors determinats en el reconeixement geotècnic.
- 4 Les fórmules anteriors es consideren aplicables per a fonamentacions superficials de fins a 5 m d'amplada real (B). Per a amplades superiors a 5 m sempre s'han de comprovar els assentaments d'acord amb l'apartat F.1.2.2.
- 5 Quan l'assentament admissible de qualsevol element de fonamentació sigui inferior a 25 mm, l'anàlisi d'assentaments s'ha de portar a terme d'acord amb l'apartat F.1.2.2.
- 6 En tot cas és necessària la comprovació que no es produeixen assentaments excessius deguts a la presència de càrregues pròximes i sòls menys fermes situats a més profunditat que  $2B^*$  des de la base de la fonamentació.
- 7 Si hi ha flux d'aigua a l'entorn de la fonamentació superficial es requereix un estudi específic de la solució a adoptar.
- 8 Quan es realitzin assajos de penetració estàtics o dinàmics continus es pot aplicar el mètode descrit anteriorment sempre que s'utilitzin correlacions ben establertes amb el resultat  $N_{SPT}$  de l'assaig SPT.
- 9 Les correlacions solen mostrar un marcat caràcter local i s'han de justificar convenientment, com pot ser mitjançant la realització de penetròmetres continus situats a una distància curta de sondejos en què es dispo de proves SPT.
- 10 Excepte per als casos en què sigui preceptiva la realització de sondejos mecànics, es pot portar a terme l'estimació de les pressions verticals admissibles de fonamentació a partir de l'execució exclusiva de penetròmetres continus sempre que concorrin les circumstàncies següents:
  - a) quan hi hagi una correlació de suficient nivell de confiança entre la resistència a la penetració de l'assaig realitzat i les propietats mecàniques del terreny, establertes pel reconeixement específic o preliminar efectuat per a l'edifici en estudi o els reconeixements efectuats en les edificacions pròximes;
  - b) quan la correlació entre la resistència a la penetració i les propietats mecàniques del terreny provingui d'estudis i investigacions efectuats a la zona en terrenys anàlegs als trobats a l'àrea d'edificació;
  - c) quan a la localitat de l'emplaçament de l'edificació hi hagi una tradició fermament establerta entre l'assaig de penetració contínua utilitzat i la pressió vertical admissible, i sempre que la nova edificació tingui un número de plantes similar, el seu nivell de fonamentació no aprofundeixi respecte als contigus més d'1,50 m, i la modulació de la superestructura i les càrregues per suport siguin similars.
- 11 A efectes pràctics es poden prendre els valors de la pressió vertical admissible ( $q_{adm}$ ) que figuren a la taula 4.4, calculades per a valors de  $N_{SPT} = 10$ . Per a valors de  $N_{SPT} > 10$ , la pressió admissible varia proporcionalment.

**Taula 4.4 Pressions admissibles en sòls granulars per a  $N=10$  ( $kN/m^2$ )**

$S_t$ (mm)	B (m)													
	0,8 m		1,0 m		1,2 m		1,5 m		2,0 m		3,0 m		5,0 m	
	D (m)		D (m)		D (m)		D (m)		D (m)		D (m)		D (m)	
	0,5	2	0,5	2	0,5	2	0,5	2	0,5	2	0,5	2	0,5	2
10	58	62	56	62	57	65	51	60	46	55	41	47	37	41
15	87	94	84	94	85	98	77	90	69	83	61	71	56	61
20	116	125	112	125	114	130	102	120	92	110	82	95	74	81
25	145	156	140	156	142	163	128	150	115	138	102	118	93	102

### 4.3.4 Pressions verticals admissibles per a fonamentacions en roca

#### 4.3.4.1 Dimensionament segons normes

- 1 En els casos d'edificacions senzilles amb càrregues de treball no gaire elevades, una primera aproximació en la determinació de les pressions admissibles enfront de l'enfonsament i assentaments es pot portar a terme seguint normes d'ús habitual, en què es fixen mitjançant regles senzilles les càrregues admissibles que, en la realitat, s'han seleccionat amb gran prudència i estan molt allunyades de les condicions d'enfonsament. A aquests efectes es poden utilitzar els valors indicats a la taula D.25.

#### 4.3.4.2 Càlcul analític simplificat

- 1 En casos de roques de molt baixa resistència a la compressió simple ( $q_u < 2,5$  MPa; taula D.9) o fortament diaclasades (RQD < 25; taula D.16), o que estiguin bastant o molt meteoritzades (taula D.5, grau de meteorització superior a IV), s'ha de considerar la roca com si es tractés d'un sòl i recórrer als procediments de verificació corresponents que es donen en aquest DB.
- 2 En roques més dures, menys diaclasades i menys alterades que el que indica el paràgraf precedent, i quan es compleixin les condicions següents, es pot determinar la pressió admissible de servei  $q_d$  mitjançant l'expressió (4.11).
  - a) la superfície de la roca és essencialment horitzontal sense problemes d'inestabilitat lateral;
  - b) la càrrega no té component tangencial, o aquesta és inferior al 10% de la càrrega normal;
  - c) en roques sedimentàries els estrats han de ser horitzontals o subhoritzontals.

$$q_d = K_{sp} \cdot q_u \quad (4.11)$$

on:

$q_u$  és la resistència a la compressió simple de la roca sana

$$K_{sp} = \frac{3 + \frac{s}{B}}{10 \sqrt{1 + 300 \frac{a}{s}}} \quad (4.12)$$

$s$  és l'espaiament de les discontinuïtats;  $s > 300$  mm

$B$  és l'amplada del fonament en m;  $0,05 < s/B < 2$

$a$  és l'obertura de les discontinuïtats;  $a < 5$  mm en junta neta,  $a < 25$  mm en junta reblida amb sòl o amb fragments de roca alterada; en què  $0 < a/s < 0,02$ .

- 3 Als efectes de verificació de l'estat límit últim d'enfonsament, el valor de  $q_d$  determinat a través de l'expressió (4.11) es pot considerar que porta incorporat un coeficient de seguretat  $\gamma_R = 3$ . Per a la comprovació de l'assentament es pot recórrer a l'ús de formulacions elàstiques. Els mòduls de deformació a utilitzar han de ser representatius del massís.
- 4 De forma orientativa, per a roques amb un índex RMR < 50 es pot emprar l'expressió següent:

$$E_{\text{massís}} = \alpha \cdot 10^{\frac{\text{RMR}-10}{40}} \quad (\text{GPa}) \quad (4.13)$$

on:

$\alpha = 0,1$  per a  $q_u = 1$  MPa;

$\alpha = 0,2$  per a  $q_u = 4$  MPa;

$\alpha = 0,3$  per a  $q_u = 10$  MPa;

$\alpha = 0,7$  per a  $q_u = 50$  MPa;

$\alpha = 1,0$  per a  $q_u > 100$  MPa.

### 4.4 Assentament de les fonamentacions directes

- 1 L'estimació dels assentaments produïts per una fonamentació directa requereix generalment la determinació de la distribució de pressions verticals originades per les càrregues en el terreny, la

- qual cosa es pot portar a terme mitjançant l'ús de formulacions elàstiques (vegeu les taules D.23 i D.24).
- 2 En l'estimació dels assentaments es pot utilitzar la pressió neta, d'utilitat per a les fonamentacions compensades.
  - 3 En general es pot suposar que la zona d'interès als efectes de càlcul d'assentaments se circumscriu a una profunditat tal que l'increment de pressió vertical originat en el terreny sigui el menor dels valors següents:
    - a) el 10% de la pressió vertical neta transmesa per la fonamentació;
    - b) el 5% de la pressió efectiva vertical existent a aquesta profunditat abans de construir l'edifici.
  - 4 El criteri apuntat al paràgraf anterior sol donar lloc al fet que aquest límit d'interès en el terreny tingui una profunditat aproximada de 2B, en què B és l'amplada o dimensió menor en planta de la fonamentació corresponent.
  - 5 Si es tracta d'un edifici fonamentat per sabates relativament pròximes els bulbs de tensions de les sabates individuals es poden cavalcar en profunditat (vegeu l'apartat E.4). Els criteris exposats en els paràgrafs anteriors s'han d'aplicar tenint en compte l'efecte potencial de cavalcament esmentat.
  - 6 L'estimació d'assentaments es pot realitzar de conformitat amb el que indica l'annex F.1.2.

## **4.5 Condicions constructives**

### **4.5.1 Sabates**

#### **4.5.1.1 Precaucions contra defectes del terreny**

- 1 Totes les fonamentacions directes sobre sabates es conceben en la hipòtesi que el sòl situat a sota d'aquestes estigui aproximadament en el mateix estat en què va ser trobat durant les investigacions realitzades per estudiar-los. Si el sòl conté bosses toves no detectades per aquests reconeixements, o si s'altera l'estructura del sòl durant la seva excavació, l'assentament és més gran i més irregular del que s'ha suposat. Si dins la zona que pugui quedar afectada per la sabata es troben punts excepcionalment tous, s'ha de projectar de nou la sabata.
- 2 Tots els elements trobats al fons de les excavacions, com ara roques, restes de fonamentacions antigues i, d'una manera general, totes les lleties resistents susceptibles de formar punts durs locals, s'han de retirar i s'ha de rebaixar suficientment el nivell del fons de l'excavació perquè les sabates recolzin en condicions homogènies.
- 3 De la mateixa manera, totes les lleties o bosses més compressibles que el terreny en conjunt s'han d'excavar i substituir per un sòl de compressibilitat sensiblement equivalent a la del sòl general, o per formigó en massa. El sòl de rebliment s'ha de compactar convenientment, ja que una simple col·locació per abocament no pot assegurar el grau de compressibilitat requerit.

#### **4.5.1.2 Solera d'assentament**

- 1 Si les sabates són de formigó en massa o armat, sobre la superfície de l'excavació s'ha d'estendre una capa de formigó, de regularització, que rep el nom de solera d'assentament o formigó de neteja.
- 2 La solera d'assentament té per missió crear una superfície plana i horitzontal de suport de la sabata i, en sòls permeables, evitar que penetri la lletada del formigó estructural en el terreny i els àrids de la part inferior quedin mal recoberts.
- 3 El gruix mínim de la solera d'assentament ha de ser de 10 cm. El nivell d'enrasament de la solera d'assentament ha de ser el previst en el projecte per a la base de les sabates i les bigues de travesa. El perfil superior ha de tenir una terminació adequada a la continuació de l'obra.

#### **4.5.1.3 Excavacions**

##### **4.5.1.3.1 Terminació de les excavacions**

- 1 La terminació de l'excavació en el fons i les parets ha de tenir lloc immediatament abans de la col·locació de la solera d'assentament, sigui quina sigui la naturalesa del terreny. Especialment s'ha de tenir en compte en terrenys argilosos.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 2 Si la solera d'assentament no es pot posar en obra immediatament després d'acabada l'excavació, aquesta s'ha de deixar de 10 a 15 centímetres per damunt de la cota definitiva de fonamentació fins al moment en què tot estigui preparat per a formigonar.
- 3 L'excavació s'ha de fer amb molt de compte perquè l'alteració de les característiques mecàniques del sòl sigui la mínima inevitable.
- 4 Una vegada feta l'excavació fins a la profunditat necessària i abans de constituir la solera d'assentament, s'ha d'anivellar bé el fons perquè la superfície quedi sensiblement d'acord amb el projecte, i s'ha de netejar i piconar lleugerament.

**4.5.1.3.2 Dimensions de les excavacions**

- 1 Les rases i pous de fonamentació han de tenir les dimensions fixades en el projecte.
- 2 La cota de profunditat d'aquestes excavacions ha de ser la prefixada en els plans, o les que el director d'obra ordeni per escrit o gràficament a la vista de la naturalesa i les condicions del terreny excavat.
- 3 Encara que el terreny ferm es trobi molt superficial, és convenient aprofundir de 0,5 a 0,8 m per sota de la rasant.
- 4 Si els fonaments són molt llargs també és convenient disposar de claus o ancoratges verticals més profunds, almenys cada 10 m.

**4.5.1.3.3 Excavacions per a sabates a diferents nivells**

- 1 En el cas d'excavacions per a fonamentacions a diferents nivells, l'execució dels treballs s'ha de fer de manera que s'eviti tot esclavissament de les terres compreses entre els dos nivells diferents.
- 2 La inclinació dels talussos de separació entre sabates a diferents nivells s'ha d'ajustar a les característiques del terreny. A efectes indicatius i llevat de justificació en contra, la línia d'unió de les vores inferiors entre dues sabates situades a diferent nivell no ha de superar una inclinació 1H:1V en el cas de roques i sòls durs, i la inclinació esmentada s'ha de reduir a 2H:1V per a sòls fluïxos a mitjans.

**4.5.1.3.4 Excavacions en presència d'aigua**

- 1 En el cas de sòls permeables que requereixin esgotament de l'aigua per realitzar les excavacions de les sabates, l'esgotament s'ha de mantenir durant tota l'execució dels treballs de fonamentació.
- 2 L'esgotament s'ha de realitzar de tal manera que no comprometi l'estabilitat dels talussos o de les obres veïnes.
- 3 En el cas d'excavacions executades sense esgotament en sòls argilosos i amb un contingut d'humitat pròxim al límit líquid, s'ha de procedir a un sanejament del fons de l'excavació previ a l'execució de les sabates.
- 4 Quan sigui necessari efectuar un sanejament temporal del fons de les excavacions per absorció capil·lar de l'aigua del sòl, per permetre l'execució en sec, en els sòls argilosos, s'han d'utilitzar materials secs permeables.
- 5 En el cas d'excavacions executades amb esgotament en els sòls el fons dels quals sigui prou impermeable perquè el contingut d'humitat no disminueixi sensiblement amb els esgotaments, s'ha de comprovar, segons les característiques del sòl, si és necessari procedir a un sanejament previ de la capa inferior permeable, per esgotament o per drenatge.

**4.5.1.3.5 Drenatges i sanejament del terreny**

- 1 Sempre que s'estimi necessari, s'ha de realitzar un drenatge del terreny de fonamentació.
- 2 El drenatge es pot realitzar amb drens col·locats al fons de rases, en unes perforacions inclinades amb pendent suficient (almenys 5 cm per metre), mitjançant empedrats, o amb altres materials idonis.
- 3 Els empedrats s'han d'omplir de còdols o grava grossa, disposats en una rasa, el fons de la qual ha de penetrar en la mesura necessària i ha de tenir un pendent longitudinal d'almenys 3 a 4 cm per metre. Amb anterioritat a la col·locació de la grava, si s'escau s'ha de disposar un geotèxtil a la rasa que compleixi les condicions de filtre necessàries per evitar la migració de materials fins.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 4 També es pot emprar un procediment mixt, de dren i empedrat, col·locant un dren al fons de l'empedrat.

**4.5.1.3.6 Precaucions contra el gel**

- 1 Si el fons de l'excavació s'inunda i es gela, o presenta capes d'aigua transformades en gel, no es pot procedir a la construcció de la sabata abans que s'hagi produït el desglaç complet, o bé que s'hagi excavat a més profunditat fins a retirar la capa de sòl gelat.
- 2 La temperatura mínima de formigonatge serà la indicada a l'EHE.

**4.5.1.3.7 Precaucions contra aterraments**

- 1 S'han d'adoptar les disposicions necessàries per assegurar la protecció de les fonamentacions contra els aterraments, durant i després de l'execució d'aquelles.

**4.5.1.3.8 Precaucions contra la inundació**

- 1 En el cas d'inundació de les excavacions durant els treballs de fonamentació, s'han d'adoptar les disposicions necessàries d'evacuació de les aigües. Aquestes disposicions han de ser tals que en cap moment, durant o després de la terminació de les obres, l'acció de l'aigua doni lloc a aterraments, erosió o posada en càrrega imprevista de les obres, que en puguin comprometre l'estabilitat.

**4.5.1.4 Execució de sabates de formigó armat**

- 1 El recobriment mínim de l'armadura s'ha d'ajustar a les especificacions de l'EHE.
- 2 Les armadures verticals dels pilars han de penetrar a la sabata fins al nivell de la capa inferior d'armadura d'aquesta.
- 3 Les sabates s'han de formigonar a secció d'excavació completa, després de la neteja del fons, si les parets de l'excavació presenten una cohesió suficient. En cas contrari, el formigonatge s'ha d'executar entre encofrats que evitin els desprendiments.
- 4 Si el nivell de fabricació del formigó és superior al de formigonatge de les sabates, la col·locació del formigó s'ha d'efectuar mitjançant els dispositius necessaris per evitar la caiguda lliure del formigó. La col·locació directa només s'ha de fer entre nivells d'aprovisionament i d'execució sensiblement equivalents.
- 5 No s'ha de circular sobre el formigó fresc.

**4.5.2 Lloses de fonamentació****4.5.2.1 Generalitats**

- 1 S'han de complir totes les normes generals indicades sobre soleres d'assentament, excavació i execució de sabates tant en l'excavació fins al nivell de fonamentació com en l'execució de la llosa de fonamentació.

**4.5.2.2 Excavació fins al nivell de fonamentació**

- 1 Si en el terreny es pot produir sifonament (llims, sorres fines, etc.), l'esgotament s'ha d'efectuar des de pous filtrants i mai des de boneres. Per a això s'ha de tenir en compte el contingut dels apartats 6.3.2.2.2 i 7.4.3.
- 2 Si el terreny està constituït per argila, almenys la solera d'assentament s'ha de tirar immediatament després que s'acabi l'excavació, de la mateixa manera que s'ha indicat per al cas de sabates. Si això no es pot realitzar, l'excavació s'ha de deixar de 10 a 15 cm per damunt de la cota definitiva de fonamentació fins al moment en què tot estigui preparat per a formigonar.
- 3 L'excavació que es realitza per a lloses amb una cota de fonamentació profunda comporta un aixecament del fons de l'excavació. Si l'excavació s'efectua en sorra per damunt de la capa freàtica, l'aixecament del fons és tan petit que normalment es pot negligir.
- 4 En una argila tova, l'aixecament del fons es pot calcular, en principi, mitjançant la teoria de l'elasticitat. Els resultats d'aquest càlcul s'han de considerar com un aixecament màxim, respecte al qual s'han de prendre les precaucions oportunes.



- 5 Si l'argila situada sota del fons d'una excavació conté un gran nombre de capes contínues de llim gros o de sorra, el contingut d'humitat de l'argila pot arribar a augmentar prou perquè la major part de l'aixecament es produeixi per inflament.
- 6 Si la profunditat de l'excavació a cel obert per a soterranis és important, el fons de l'excavació pot resultar inestable i trencar per aixecament, siguin quins siguin la resistència i el tipus d'apuntament utilitzat per a les parets laterals. En aquest cas s'ha de comprovar l'estabilitat del fons de l'excavació tal com s'indica a 6.3.2.2.2.

#### 4.5.2.3 Estructura de fonamentació

- 1 Es recomana que la llosa de formigó s'estableixi sobre una solera d'assentament o formigó de neteja de 10 cm de gruix mínim, a fi de permetre la col·locació fàcil de les armadures i evitar el contacte directe amb el terreny.
- 2 Els recobriments de les armadures de la llosa han de ser els especificats per l'EHE.

#### 4.5.2.4 Execució dels elements d'impermeabilització

- 1 Els soterranis sota el nivell freàtic s'han de protegir de les filtracions d'aigua de conformitat amb el que indica el DB-HS, secció 1.

#### 4.5.3 Pous de fonamentació

- 1 L'excavació dels pous es pot fer manualment, si no s'assoleix el nivell freàtic, o mecànicament en qualsevol cas. S'ha de tenir cura que els mitjans d'excavació no alterin el terreny en el fons del pou. Si les parets del pou no són estables sense un revestiment, s'han d'apuntalar.
- 2 Si l'excavació s'executa per sota del nivell freàtic i es procedeix a l'esgotament per omplir en sec, s'ha de posar especial cura a evitar l'alteració del terreny en el fons pels corrents d'aigua. Això és especialment important si el fons del pou està constituït per sorres fines o llims sense cohesió.
- 3 Abans de procedir al rebliment, s'ha d'executar una bona neteja del fons i, si és necessari, s'ha de piconar o compactar degudament.

### 4.6 Control

#### 4.6.1 Generalitats

- 1 Durant el període d'execució s'han de prendre les precaucions oportunes per assegurar la conservació en bon estat de les fonamentacions.
- 2 En el cas de presència d'aigües àcides, salines o d'agressivitat potencial s'han de prendre les mesures oportunes. No es permet la presència de sobrecàrregues pròximes a les fonamentacions, si no s'han tingut en compte en el projecte. En tot moment s'ha de vigilar la presència de vies d'aigua, pel possible descarnament que puguin donar lloc sota les fonamentacions. En cas que es construïxin edificacions pròximes, s'han de prendre les mesures oportunes que permetin garantir el manteniment intacte del terreny i de les seves propietats tensodeformacionals.
- 3 L'observació d'assentaments excessius pot ser una advertència del mal estat de les sabates (atacs d'aigües selenitoses, ensorrament per socavació, etc.), de la part enterrada de pilars i murs o de les xarxes d'aigua potable i de sanejament. En aquests casos s'ha de procedir a l'observació de la fonamentació i del terreny circumdant, de la part enterrada dels elements resistents verticals i de les xarxes d'aigua potable i sanejament, de manera que es pugui conèixer la causa del fenomen.
- 4 En una edificació fonamentada de forma directa no s'han de fer obres noves sobre la fonamentació que puguin posar en perill la seva seguretat, com ara:
  - a) perforacions que redueixin la seva capacitat resistent;
  - b) pilars o un altre tipus de llindes que transmetin càrregues importants;
  - c) excavacions importants a les proximitats o altres obres que posin en perill la seva estabilitat.
- 5 Les càrregues a les quals se sotmetin les fonamentacions, en especial les disposades sobre els soterranis, no poden ser superiors a les especificades en el projecte. Per a això els soterranis no

## Document bàsic SE-C Fonaments

s'han de dedicar a un ús diferent d'aquell per al qual han estat projectats. No s'hi han d'emmagatzemar materials que puguin ser perjudicials per als formigons.

- 6 Qualsevol modificació de les prescripcions descrites dels dos paràgrafs anteriors ha de ser autoritzada pel director d'obra i inclosa en el projecte.

#### 4.6.2 Comprovacions a realitzar sobre el terreny de fonamentació

- 1 Abans de procedir a l'execució de la fonamentació s'ha de realitzar la confirmació de l'estudi geotècnic segons l'apartat 3.4. S'ha de comprovar visualment, o mitjançant les proves que es considerin oportunes, que el terreny de suport d'aquella es correspon amb les previsions del projecte. El resultat d'aquesta inspecció, en què s'ha de definir la profunditat de la fonamentació de cadascun dels suports de l'obra, la seva forma i dimensions, i el tipus i consistència del terreny, s'ha d'incorporar a la documentació final d'obra. Aquests plans han de quedar incorporats a la documentació de l'obra acabada.
- 2 En particular s'ha de comprovar que:
  - a) el nivell de suport de la fonamentació s'ajusta al previst i l'estratigrafia coincideix apreciablement amb l'estimada a l'estudi geotècnic;
  - b) el nivell freàtic i les condicions hidrogeològiques s'ajusten a les previstes;
  - c) el terreny presenta apreciablement una resistència i humitat similars a les suposades a l'estudi geotècnic;
  - d) no es detecten defectes evidents com ara cavernes, falles, galeries, pous, etc.;
  - e) no es detecten corrents subterranis que puguin produir soscavació o arrossegaments;

#### 4.6.3 Comprovacions a realitzar sobre els materials de construcció

- 1 S'ha de comprovar que:
  - a) els materials disponibles s'ajusten al que estableix el projecte d'edificació i són idonis per a la construcció;
  - b) les resistències són les indicades en el projecte.

#### 4.6.4 Comprovacions durant l'execució

- 1 S'ha de dedicar especial atenció a comprovar que:
  - a) el replantejament és correcte;
  - b) s'han observat les dimensions i orientacions projectades;
  - c) s'estan utilitzant els materials objecte dels controls ja esmentats;
  - d) la compactació o col·locació dels materials assegura les resistències del projecte;
  - e) els encofrats estan col·locats correctament i són dels materials previstos en el projecte;
  - f) les armadures són del tipus, nombre i longitud fixats en el projecte;
  - g) les armadures d'espera de pilars o altres elements estan situades correctament i tenen la longitud prevista en el projecte;
  - h) els recobriments són els exigits en el projecte;
  - i) els dispositius d'ancoratge de les armadures són els previstos en el projecte;
  - j) el gruix del formigó de neteja és adequat;
  - k) la col·locació i vibració del formigó són les correctes;
  - l) es té cura que l'execució de noves sabates no alteri l'estat de les contigües, ja siguin també noves o existents;
  - m) les bigues de lligament i centradores, així com les seves armadures, estan correctament situades;
  - n) els esgotaments entren dins del previst i s'ajusten a les especificacions de l'estudi geotècnic per evitar sifonaments o danys a estructures veïnes;
  - o) les juntures es corresponen amb les previstes en el projecte;
  - p) les impermeabilitzacions previstes en el projecte s'estan executant correctament.

#### 4.6.5 Comprovacions finals

- 1 Abans de la posada en servei de l'edifici s'ha de comprovar que:
  - a) les sabates es comporten de la manera prevista en el projecte;
  - b) no s'aprecia que s'estiguin superant les càrregues admissibles;
  - c) els assentaments s'ajusten al previst, si, en casos especials, així ho exigeix el projecte o el director d'obra;
  - d) no s'han plantat arbres les arrels dels quals puguin originar canvis d'humitat en el terreny de fonamentació, no s'han creat zones verdes el drenatge de les quals no estigui previst en el projecte, sobretot en terrenys expansius.
- 2 Si bé és recomanable controlar els moviments del terreny per a qualsevol tipus de construcció, en edificis de tipus C-3 i C-4 és obligat l'establiment d'un sistema d'anivellament per controlar l'assentament de les zones més característiques de l'obra, en les condicions següents:
  - a) el punt de referència ha d'estar protegit de qualsevol pertorbació eventual, de manera que es pugui considerar immòbil, durant tot el període d'observació;
  - b) el nombre de pilars a anivellar no ha de ser inferior al 10% del total de l'edificació. En cas que la superestructura es recolzi sobre murs, s'ha de preveure un punt d'observació cada 20 m de longitud, com a mínim. En qualsevol cas el nombre mínim de referències d'anivellament ha de ser de 4. La precisió de l'anivellament ha de ser de 0,1 mm;
  - c) la cadència de lectures ha de ser l'adequada per advertir qualsevol anomalia en el comportament de la fonamentació. És recomanable efectuar-les en completar-se el 50% de l'estructura al final d'aquesta, i en acabar els envans de cada dues plantes de l'edificació;
  - d) el resultat final de les observacions s'ha d'incorporar a la documentació de l'obra.

## 5 Fonamentacions profundes

### 5.1 Definicions i tipologies

#### 5.1.1 Definicions

- 1 Als efectes d'aquest DB es considera que una fonamentació és profunda si el seu extrem inferior, en el terreny, està a una profunditat superior a 8 vegades el seu diàmetre o amplada.
- 2 Quan l'execució d'una fonamentació superficial no sigui tècnicament viable, s'ha de preveure la possibilitat de realitzar una fonamentació profunda.
- 3 Les fonamentacions profundes es poden classificar en els tipus següents:
  - a) piló aïllat: el que està a una distància prou allunyada d'altres pilons perquè no hi tingui una interacció geotècnica;
  - b) grup de pilons: són els que per la seva proximitat interaccionen entre si o estan units mitjançant elements estructurals prou rígids perquè treballin conjuntament;
  - c) zones pilonades: són aquelles en què els pilons estan disposats amb la finalitat de reduir assentaments o millorar la seguretat enfront d'enfonsament de les fonamentacions. Solen ser pilons d'escassa capacitat portant individual i estar regularment espaiats o situats en punts estratègics;
  - d) micropilons: són els compostos per una armadura metàl·lica formada per tubs, barres o perfils introduïts dins d'una broca de petit diàmetre, i poden estar o no injectats amb lletada de morter a pressió més o menys elevada. El càlcul de micropilons injectats no es preveu en aquest document bàsic.

#### 5.1.2 Tipologies

##### 5.1.2.1 Per la forma de treball

- 1 Quant a la forma de treball, els pilons es classifiquen en (vegeu la figura 5.1):
  - a) pilons per fust: en els terrenys en què, com que no hi ha un nivell clarament més resistent al qual transmetre la càrrega del pilonatge, aquest transmet la seva càrrega al terreny fonamentalment a través del fust. Se solen denominar pilons "flotants";
  - b) pilons per punta: en els terrenys en què, com que a una certa profunditat hi ha un estrat clarament més resistent, les càrregues del pilonatge es transmeten fonamentalment per punta. Se solen denominar pilons "columna".

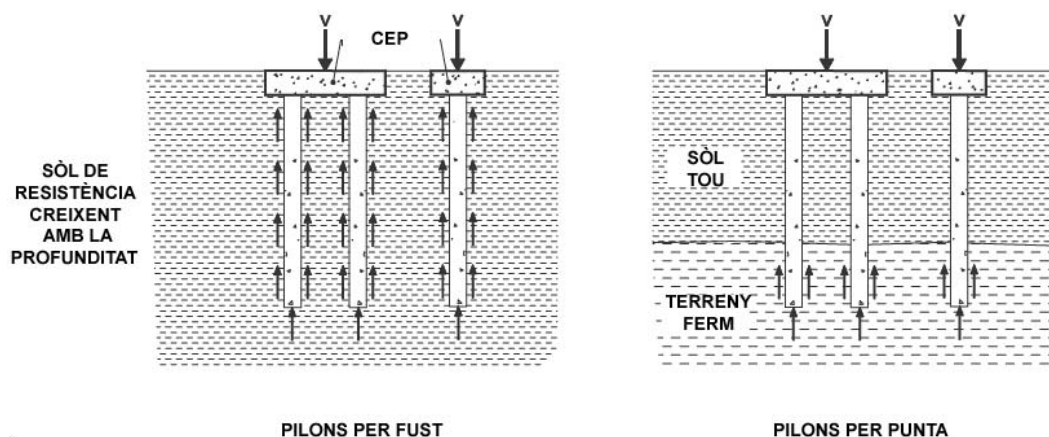


Figura 5.1. Esquema de fonamentacions profundes (pilonatges)

**5.1.2.2 Pel tipus de piló**

- 1 Els pilons poden ser de naturalesa i forma molt variades. En general sempre és un element aproximadament prismàtic la longitud del qual és molt més gran que la dimensió transversal mitjana. Per diferenciar els tipus de pilons es poden utilitzar els criteris següents:

**5.1.2.2.1 Pel tipus de material del piló**

- 1 Per a la construcció de pilons es poden utilitzar els materials següents:
- formigó in situ: s'executen mitjançant una excavació prèvia, encara que també es poden realitzar mitjançant desplaçament del terreny o amb tècniques mixtes (excavació i desplaçament parcial);
  - formigó prefabricat: pot ser formigó armat (formigons d'alta resistència) o formigó pretensat o posttensat;
  - acer: es poden utilitzar seccions tubulars o perfils en doble O o en H. Els pilons d'acer s'han de clavar amb guaspes (proteccions a la punta) adequades;
  - fusta: es pot utilitzar per pilonar zones toves àmplies, com a suport d'estructures amb llosa o terraplens;
  - mixtos, com els d'acer tubular envoltats i reblits de morter.

**5.1.2.2.2 Per la forma de la secció transversal**

- 1 La forma de la secció transversal del piló pot ser circular o gairebé circular (quadrada, hexagonal o octogonal) de manera que no sigui difícil assimilar la majoria dels pilons a elements cilíndrics d'una certa longitud  $L$  i d'un cert diàmetre  $D$ .
- 2 L'assimilació a cilindres s'ha de fer d'acord amb els criteris següents:
- Quan es vulgui avaluar la capacitat portant per la punta, s'ha de fer l'equivalència igualant les àrees de la secció transversal, és a dir:

$$D_{eq} = \sqrt{\frac{4}{\pi} A} \quad (5.1)$$

on:

$A$  és la secció transversal de l'àrea de suport.

- En els casos en què es vulgui avaluar la resistència per fust, s'ha de fer l'equivalència en la longitud del contorn de la secció,  $L$ , és a dir:

$$D_{eq} = \frac{1}{\pi} L \quad (5.2)$$

- En pilons metàl·lics en H, la longitud de contorn que es recomana prendre és igual al doble de la suma de l'amplada de l'ala més el cantell.
- 3 Com a cas excepcional s'han de considerar pilons pantalla. Els pilons pantalla, o elements portants de pantalla, solen ser de formigó armat i amb una secció recta rectangular amb una proporció longitud-amplada tal, que l'assimilació a la forma circular és difícil. En aquest DB s'admet que, a l'efecte d'estimar la resistència per punta, s'utilitzi el factor reductor següent:

$$f = 0,7 + 0,3 \frac{B}{L} \quad (5.3)$$

on  $B$  és l'amplada i  $L$  és la longitud de la secció recta rectangular equivalent. La resistència per fust es calcula de la mateixa manera que en els pilons excavats, comptant, com a longitud del perímetre de la secció transversal, la longitud real d'aquest.

**5.1.2.2.3 Pel procediment constructiu**

- 1 De forma general, atenent la manera de col·locar els pilons dins el terreny, es consideren els següents:
- pilons prefabricats clavats: la característica fonamental d'aquests pilons consisteix en el desplaçament del terreny que la seva execució pot induir, ja que el piló s'introdueix en el terreny sense fer excavacions prèvies que facilitin el seu allotjament en el terreny;

## Document bàsic SE-C Fonaments

- b) pilons formigonats in situ: són els que s'executen en excavacions prèvies realitzades en el terreny.
- 2 També es poden executar pilons de caràcter intermedi entre els dos anteriors, com ara els clavats en preexcavacions parcials de menor longitud i més diàmetre que el piló.

**5.1.2.2.4 Pilons prefabricats clavats**

Les formes de clavar pilons poden ser diferents segons que s'usi vibració o s'utilitzi, com sol ser més freqüent, el clavament o percussió amb cops de maça. Als efectes d'aquest DB es considera el piló prefabricat clavat de directriu recta aquell la profunditat de clavament del qual sigui 8 vegades més gran que el seu diàmetre equivalent.

- 3 Els pilons clavats poden estar constituïts per un únic tram, o per la unió de diversos trams, mitjançant les juntures corresponents, i en aquests casos s'ha de considerar que la resistència a flexió, compressió i tracció del piló mai no pot ser superior a la de les juntures que uneixin els seus trams.
- 4 Els pilons prefabricats clavats es poden construir aïllats sempre que es realitzi una travada en dues direccions ortogonals i es demostrï que els moments resultants en les direccions esmentades són nuls o bé absorbits per l'armadura del piló o per les bigues de trava.

**5.1.2.2.5 Pilons formigonats in situ**

- 1 Als efectes d'aquest DB es diferencien els tipus següents: pilons de desplaçament amb guaspa, pilons de desplaçament amb tap de graves, pilons d'extracció amb entubament recuperable, pilons d'extracció amb camisa perduda, pilons d'extracció sense entubament amb llots tixotròpics, pilons barrinats sense entubament, pilons barrinats, formigonats pel tub central de la barrina i pilons de desplaçament per rotació.
- 2 Per als pilons formigonats in situ s'han de tenir en compte les consideracions següents:
  - a) diàmetre < 0,45 m: no s'han d'executar pilons aïllats, llevat d'elements de poca responsabilitat en què una possible fallada de l'element de fonamentació no tingui una repercussió significativa;
  - b) 0,45 m < diàmetre < 1,00 m; es poden realitzar pilons aïllats sempre que es realitzi una travada en dues direccions ortogonals i s'asseguri la integritat del piló en tota la seva longitud d'acord amb els mètodes de control recollits a l'apartat 5.4;
  - c) diàmetre > 1,00 m; es poden realitzar pilons aïllats sense necessitat de travada sempre que s'asseguri la integritat del piló en tota la seva longitud d'acord amb els mètodes de control recollits a l'apartat 5.4 i el piló s'armi per a les excentricitats permeses i els moments resultants.
- 3 Per a la selecció del tipus de piló s'han de tenir en compte les indicacions recollides a l'apartat 5.4.1.1.

**5.1.3 Configuració geomètrica de la fonamentació**

- 1 En el projecte, la disposició geomètrica d'una fonamentació per pilons s'ha de realitzar temptejant diferents disposicions de pilons fins a assolir una situació òptima. Quan es tracti d'analitzar una situació ja existent, és imprescindible conèixer les dades geomètriques de la disposició dels pilons.
- 2 Les dades geomètriques de més interès per analitzar el comportament d'un piló aïllat són la longitud dins el terreny i el seu diàmetre, o la llei de variació del seu diàmetre si és que aquest no és constant.
- 3 En els grups de pilons és necessari tenir en compte a més la seva distribució geomètrica, en particular, la seva separació (vegeu la figura 5.2).
- 4 De cada piló se n'ha de conèixer la secció transversal i la ubicació dins el cep. Normalment, els pilons han de ser de la mateixa longitud; en cas contrari, s'ha de considerar en els càlculs de detall.

**5.2 Accions a considerar**

- 1 A més de les accions de l'estructura sobre la fonamentació s'ha de tenir en compte que els pilons puguin estar sotmesos a efectes "paràsits" induïts per accions derivades del moviment del mateix terreny de fonamentació.

- 2 S'han de considerar la forma i dimensions del cep a fi d'incloure'n el pes, així com el de les terres o el que pugui gravitar sobre aquest, en el còmput de les accions.
- 3 Si s'escau, s'ha d'especificar el nivell del terreny al voltant del pilonatge. En els casos en què pugui haver-hi soscavació és necessari considerar almenys, amb caràcter accidental, la situació corresponent a la màxima prevista.

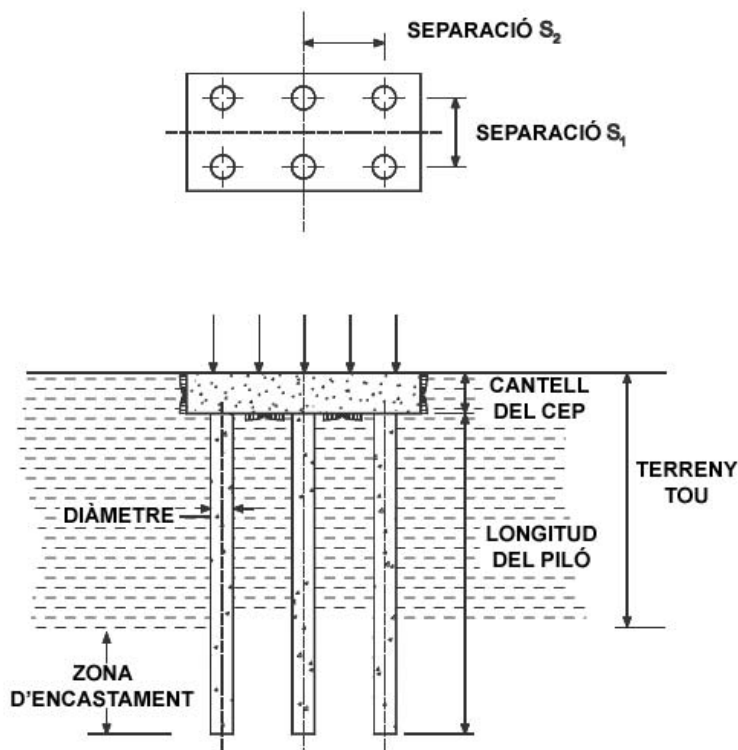
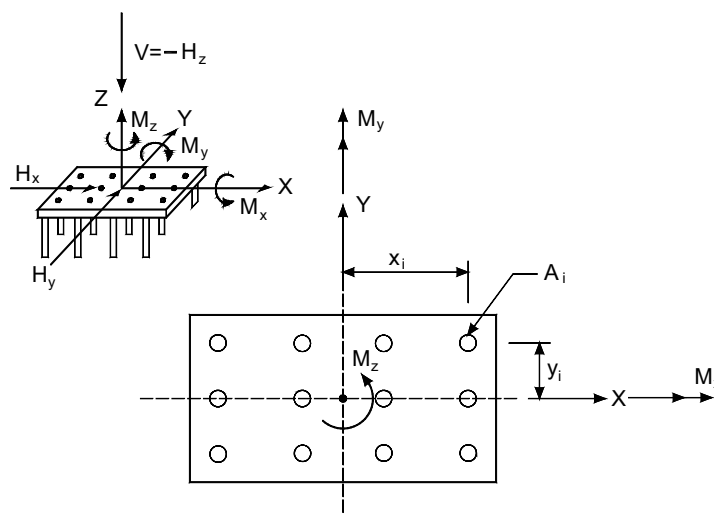


Figura 5.2. Esquema d'un possible pilonatge

### 5.2.1 Accions de la resta de l'estructura sobre la fonamentació

- 1 Per al dimensionament del pilonatge s'han de prendre les accions indicades a l'apartat 2.3.2.
- 2 En el cas d'un grup de pilons, per a cada combinació d'accions s'ha de realitzar un repartiment de càrregues entre els pilons del grup. Aquest repartiment requereix un procés iteratiu. Els coeficients de repartiment entre pilons depenen de la naturalesa del terreny i de la rigidesa dels pilons i del cep.
- 3 En general, si el cep que uneix els pilons és prou rígid, n'hi haurà prou a considerar la distribució de càrregues que s'obté en suposar que els pilons estan articulats en cap i que el cep és infinitament rígid (vegeu la figura 5.3).
- 4 Si hi ha pilons de diàmetre diferent dins un mateix grup, els valors de càlcul s'han de determinar per a cada un dels diàmetres (o diàmetres equivalents per a formes no circulars) que s'usin.

## Document bàsic SE-C Fonaments



Resultant de les accions

Vertical =  $V$       Horizontals =  $H_x, H_y$       Moments =  $M_x, M_y, M_z$

Repartiment entre pilons

$$\text{Compressió} \quad N_i = \frac{A_i}{\Sigma A_i} \cdot V \pm \frac{A_i y_i}{\Sigma A_i y_i^2} \cdot M_x \pm \frac{A_i x_i}{\Sigma A_i x_i^2} \cdot M_y$$

$$\text{Tallants} \quad H_{xi} = \frac{A_i}{\Sigma A_i} \cdot H_x \pm \frac{A_i^2 y_i}{\Sigma A_i^2 (x_i^2 + y_i^2)} \cdot M_z$$

$$H_{yi} = \frac{A_i}{\Sigma A_i} \cdot H_y \pm \frac{A_i^2 x_i}{\Sigma A_i^2 (x_i^2 + y_i^2)} \cdot M_z$$

Figura 5.3. Distribució d'esforços en la hipòtesi de cep rígid i pilons articulats en cap

### 5.2.2 Fricció negativa

- 1 La situació de fricció negativa es produeix quan l'assentament del terreny circumdant al piló és més gran que l'assentament del piló. En aquesta situació, el piló suporta, a més de la càrrega que li transmet l'estructura, part del pes del terreny. Com a conseqüència, la fricció negativa fa que augmenti la càrrega total de compressió que el piló ha de suportar.
- 2 S'ha d'estudiar el possible desenvolupament de fricció negativa quan es doni alguna de les circumstàncies següents:
  - a) consolidació pel seu propi pes de rebliments o nivells de terreny de deposició recent;
  - b) consolidació de nivells compressibles sota sobrecàrregues superficials;
  - c) variacions del nivell freàtic;
  - d) humectació de nivells col·lapsables;
  - e) assentaments de materials granulars induïts per càrregues dinàmiques (vibracions, sisme);
  - f) subsidències induïdes per excavacions o dissolució de materials profunds.
- 3 La identificació del problema es pot realitzar comparant, mitjançant un càlcul previ, els assentaments del terreny i del piló. En general, n'hi ha prou amb una petita diferència d'assentaments perquè es produeixi la situació de fricció negativa. Un assentament d'1 cm pot produir ja efectes notables.
- 4 La fricció lateral per fust es pot reduir notablement en pilons prefabricats (formigó, metàl·lics o fusta) si es tracta mitjançant pintures bituminoses.
- 5 La fricció unitària negativa en el fust es calcula amb l'expressió:

$$F_{s,neg} = \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot \sigma'_{vi} \quad (5.4)$$



## Document bàsic SE-C Fonaments

on:

- $i$  és cadascuna de les unitats geotècniques considerades al llarg del piló;
- $\beta$  és 0,25 en argiles i llims tous; 0,1 en sorres fluïxes i 0,8 en sorres denses;
- $\sigma'_{vi}$  és la tensió efectiva en el punt del fust considerat.

- 6 Quan la fricció negativa no es desenvolupi en la seva totalitat al llarg del fust, es poden utilitzar mètodes de càlcul que considerin deformacions relatives entre el sòl i el piló per quantificar la profunditat fins a la qual es produeix.
- 7 Els pilons exteriors dels grups de pilons s'han de considerar sotmesos a la mateixa fricció negativa que si estiguessin aïllats, especialment els situats a les cantonades.

### 5.2.3 Empentes horitzontals causades per sobrecàrregues

- 1 Quan hi ha sòls tous en profunditat, les càrregues col·locades a la superfície produeixen desplaçaments horitzontals del terreny que poden afectar negativament les fonamentacions pròximes pilonades. Per tant, si en aquest tipus de terreny es projecta un edifici contigu a una construcció pilonada, s'ha d'evitar una fonamentació superficial.
- 2 Els pilons executats en talussos poden estar sotmesos també a càrregues horitzontals importants.
- 3 Als efectes d'aquest DB es pot prescindir de la consideració de les empentes horitzontals sobre els pilons sempre que la màxima component d'aquestes empentes sigui inferior al 10% de la càrrega vertical compatible amb aquesta.
- 4 L'estudi de l'efecte de les empentes horitzontals requereix una anàlisi d'interacció terreny-piló, que és necessari realitzar amb més detall com més crític resulti el problema. Per al càlcul es pot seguir el mètode simplificat que s'indica a continuació.

#### 5.2.3.1 Mètode simplificat per a la consideració de l'empenta horitzontal en pilons

- 1 L'empenta horitzontal s'estima d'acord amb l'expressió següent:

$$p_h = p_v - 2 c_u \quad (5.5)$$

on:

$p_v$  és la pressió vertical a la part superior de l'estrat tou, considerant un repartiment a 30° de les pressions en superfície.

$c_u$  és la resistència al tall sense drenatge.

- 2 Se suposa que cada piló suporta una càrrega per unitat de longitud igual al valor menor dels següents:
  - a)  $P_p = p_h \cdot S$ , on  $S$  és la separació entre eixos de pilons;
  - b)  $P_p = p_h \cdot 3D$ , on  $D$  és el diàmetre del piló;
  - c)  $P_p = p_h \cdot H$ , on  $H$  és el gruix de l'estrat tou.
- 3 Quan hi hagi diverses files de pilons es pot suposar que els esforços es distribueixen entre les successives files d'acord amb l'expressió següent:

$$p'_h = p_h - \frac{P_p}{S} \quad (5.6)$$

que s'aplica de manera successiva  $p''_h = p'_h - \frac{P_p}{S}; \dots, p^n_h = p^{n-1}_h - \frac{P_p}{S}$

- 4 Una vegada calculat el valor de  $P_p$  s'obtenen els valors dels moments flectors en els pilons com una biga, suposant, segons els casos, les condicions en els suports que es reflecteixen a la figura 5.4 i que es concreten en:
  - a) encastament en cap;
  - b) encastament a 0,5 m en la capa resistent inferior;
  - c) encastament a 1 m en capes resistents situades per damunt de la capa tova si el seu gruix és superior a 8 diàmetres; en cas contrari es considera com una articulació (suport).

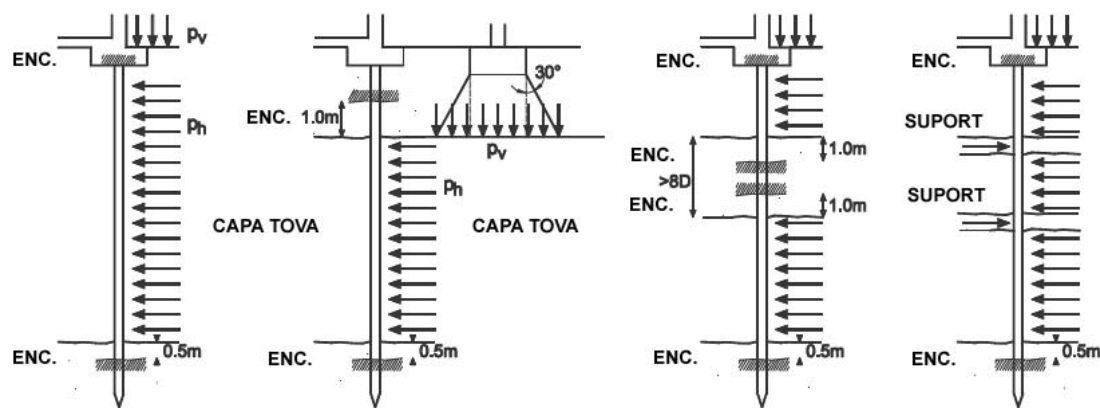


Figura 5.4. Condicions de suport per al càlcul d'esforços horitzontals en els pilons

### 5.3 Anàlisi i dimensionament

- 1 Les comprovacions per verificar que una fonamentació profunda compleix els requisits necessaris s'han de basar en el mètode dels estats límit tal com s'indica a l'apartat 2.2.
- 2 A més s'han d'anàlitzar els problemes indicats a l'apartat 5.3.3.

#### 5.3.1 Estats límit últims

- 1 Les formes de fallada d'una fonamentació profunda poden ser de tipus molt diversos. Els tipus de trencament més comuns i que en qualsevol cas s'han de verificar són:
  - a) estabilitat global;
  - b) enfonsament;
  - c) trencament per arrencament;
  - d) trencament horitzontal del terreny sota càrregues del piló;
  - e) capacitat estructural del piló.
- 2 La verificació d'aquests estats límit per a cada situació de dimensionament es fa utilitzant l'expressió (2.2) i els coeficients de seguretat parcials per a la resistència del terreny i per als efectes de les accions de la resta de l'estructura sobre la fonamentació definits a la taula 2.1.

##### 5.3.1.1 Estabilitat global

- 1 El conjunt de l'estructura i la seva fonamentació pilonada poden fallar mitjançant un mecanisme de trencament encara més profund que la fonamentació o que, tot i no ser tan profund, pugui tallar els pilons pel seu fust.

##### 5.3.1.2 Enfonsament

- 1 Es pot produir aquesta manera de trencament quan la càrrega vertical sobre el cap del piló superi la resistència del terreny i causi assentaments desproporcionats. A l'apartat 5.3.4, s'estableix un mètode per a la determinació de la càrrega d'enfonsament,  $R_{ck}$ .
- 2 Tenint en compte el valor dels coeficients de la taula 2.1 i les consideracions fetes a l'apartat 2.4.2.6 el valor de  $R_{cd}$  es pot expressar per a cada situació de dimensionament mitjançant l'equació següent:

$$R_{cd} = \frac{R_{ck}}{\gamma_R} \quad (5.7)$$

##### 5.3.1.3 Trencament per arrencament

- 1 Els pilons es poden utilitzar per suportar càrregues de tracció en el seu cap. Si aquestes càrregues excedeixen la resistència a l'arrencament, el piló es desconnecta del terreny, trenca la seva unió i es produeix la fallada consegüent. Aquest tipus de mecanisme i el procediment d'avaluació de la càrrega d'arrencament es consideren a l'apartat 5.3.5.

#### 5.3.1.4 Trencament horitzontal del terreny sota càrregues del piló

- 1 Quan les càrregues horitzontals aplicades en els pilons produeixen en el terreny tensions que aquest no pot suportar, es produeixen deformacions excessives o fins i tot, si el piló és curt i prou resistent com a estructura, la seva bolcada. Aquest estat límit s'ha de comprovar només en els casos en què la màxima component de les empentes horitzontals sobre els pilons sigui superior al 10% de la càrrega vertical compatible amb ells.
- 2 La càrrega horitzontal límit que pot suportar el terreny que envolta els pilons o els grups de pilons es considera a l'apartat 5.3.6.

#### 5.3.1.5 Capacitat estructural del piló

- 1 Les càrregues transmeses als pilons en el seu cap indueixen esforços en aquests que poden danyar la seva estructura.
- 2 Els criteris de verificació de la capacitat estructural dels pilons enfront dels esforços axials (límit estructural), tallants i moments flectors al llarg del seu eix s'indiquen a l'apartat 5.3.8.

#### 5.3.2 Estats límit de servei

- 1 Els estats límit de servei en les fonamentacions profundes estan normalment associats als moviments.
- 2 Tant en projectar pilons aïllats com grups de pilons, s'han de realitzar les comprovacions relacionades amb els moviments (assentaments i desplaçaments transversals) en què influeix no solament la resistència del terreny sinó també la seva deformabilitat, tal com s'indica a l'apartat 5.3.7.

#### 5.3.3 Altres consideracions

- 1 A part de la consideració dels estats límit esmentats als apartats precedents, s'han de tenir en compte altres efectes que poden afectar la capacitat portant o aptitud de servei de la fonamentació. Entre els possibles problemes que es puguin presentar s'ha de fer una consideració expressa dels següents:
  - a) influència del clavament de pilons prefabricats en estructures o edificacions pròximes;
  - b) atacs del medi ambient al material del piló amb la consegüent minva de capacitat. S'ha de prestar una atenció especial a l'efecte de la corrosió de l'acer a les zones batudes per l'amplitud de la marea o per les oscil·lacions del nivell freàtic;
  - c) possible expansivitat del terreny que pugui provocar el problema invers a la fricció negativa, causant l'aixecament de la fonamentació;
  - d) possible gelivitat del terreny, que pugui afectar ceps poc encastats al terreny;
  - e) protecció contra la gelada en els caps dels pilons acabats de construir;
  - f) possible atac químic del terreny o de les aigües als pilons;
  - g) possible modificació local del règim hidrogeològic per connexió d'aqüífers ubicats a diferent profunditat que podrien quedar connectats en executar els pilons;
  - h) possible contaminació mediambiental per la utilització de llot o polímers durant l'excavació de pilons de formigó in situ;
  - i) estabilitat dels talussos de les excavacions i plataformes realitzades per construir el pilonatge;
  - j) desprendiments sobre el cap del piló acabat de construir, a causa de la diferència de cota entre el piló acabat i la plataforma de treball, així com desprendiments o contaminacions causats per la neteja de la plataforma, especialment en el cas de pilons d'hèlix contínua, en què és necessària la neteja del cap per a la introducció de l'armadura;
  - k) neteja deficient del fons de les excavacions dels pilons perforats;
  - l) problemes de col·lapse en sòls que tinguin una estructura metaestable;

- m) possibles efectes sísmics i en particular la possible líquüefacció de l'entorn i que pugui incloure el mateix pilonatge;
- n) possible pèrdua de capacitat portant per soscavació de pilonatges.

### 5.3.4 Càrrega d'enfonsament

#### 5.3.4.1 Generalitats

##### 5.3.4.1.1 Criteris bàsics

- 1 La resistència característica a l'enfonsament d'un piló aïllat es considera dividida en dues parts (vegeu la figura 5.5): resistència per punta i resistència per fust.

$$R_{ck} = R_{pk} + R_{fk} \quad (5.8)$$

on:

$R_{ck}$  és la resistència enfront de la càrrega vertical que produeix l'enfonsament;

$R_{pk}$  és la part de la resistència que se suposa suportada per la punta;

$R_{fk}$  és la part de la resistència que se suposa suportada pel contacte piló-terreny en el fust.

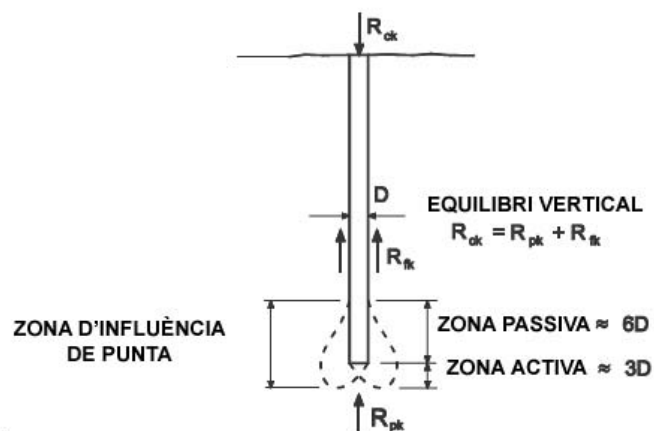


Figura 5.5. Esquema de distribució de la càrrega d'un piló aïllat

- 2 Per estimar les dues components de la resistència se suposa que són proporcionals a les àrees de contacte respectives d'acord amb les expressions:

$$R_{pk} = q_p \cdot A_p \quad (5.9)$$

$$R_{fk} = \int_0^L \tau_f \cdot p_f \cdot dz \quad (5.10)$$

on:

$q_p$  és la resistència unitària per la punta segons F.2.1

$A_p$  és l'àrea de la punta

$\tau_f$  és la resistència unitària pel fust, obtinguda de F.2.1

$L$  és la longitud del piló dins el terreny

$p_f$  és el perímetre de la secció transversal del piló, considerada segons 5.1.2.2.2

$z$  és la profunditat comptada des de la part superior del piló en contacte amb el terreny

##### 5.3.4.1.2 Consideracions sobre la resistència per punta

- 1 L'àrea de la punta a utilitzar en el càlcul ha de ser igual a l'àrea de la secció transversal del piló al nivell de la punta (pilons d'extracció) o a la projecció sobre el pla transversal de l'àrea de la guaspa en pilons clavats. Per a pilons buits (secció en forma de corona circular) o per a perfils metàl·lics clavats sense guaspa, és necessari calcular l'àrea de la punta equivalent segons 5.1.2.2.2.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 2 L'àrea de la punta que s'ha de considerar per al càlcul dels pilons metàl·lics en H és, llevat que es justifiqui un altre valor, o es disposi una guaspa especial, el menor dels dos valors següents:
  - a) l'àrea del rectangle circumscrit;
  - b) vegada i mitja el quadrat de l'ala.
- 3 En els pilons buits clavats, s'ha de prendre com a àrea de la punta el total de la superfície tancada pel contorn extern.
- 4 En casos de terreny heterogeni, se suposa que la càrrega d'enfonsament per la punta està controlada per un terreny amb les característiques mitjanes de la zona compresa entre tres diàmetres sota la punta (zona activa inferior) i sis diàmetres sobre la punta (zona passiva superior), aproximadament.
- 5 En les situacions en què sota la punta hi hagi zones argiloses de menor resistència, que redueixen la resistència unitària per punta,  $q_p$ , el valor esmentat està limitat per l'expressió:

$$q_p \leq 6 \left( 1 + \frac{H}{D} \right)^2 c_u \quad (5.11)$$

on:

H és la distància de la punta del piló a l'estrat del sòl cohesiu tou inferior;

D és el diàmetre real o equivalent (la mateixa àrea) del piló;

$c_u$  és la resistència al tall sense drenatge del sòl cohesiu tou.

- 6 Si la separació entre pilons és inferior a la distància de la punta del piló al nivell del sòl cohesiu tou inferior s'ha de considerar l'efecte combinat del grup de pilons per estimar la càrrega d'enfonsament i el possible assentament de la fonamentació.

#### 5.3.4.1.3 Consideracions sobre la resistència per fust

- 1 Quan la resistència unitària per fust variï amb la profunditat, per al càlcul de la resistència total per fust s'ha de realitzar una integració al llarg del piló. En els casos en què la resistència total per fust sigui constant per trams i també ho sigui la longitud del contorn del piló en qualsevol secció horitzontal, la resistència per fust s'ha de considerar com un sumatori amb un terme per cada tram, és a dir:

$$R_{fk} = \sum \tau_f A_f \quad (5.12)$$

on:

$A_f$  és l'àrea del contacte entre el fust del piló i el terreny en cada tram;

$\tau_f$  és la resistència unitària per fust en cada tram.

- 2 En els pilons amb una secció transversal especial, pilons en H per exemple, s'ha de prendre com a longitud del contorn la corresponent a la figura geomètrica simple (circumferència, rectangle o quadrat) que condueixi a un perímetre menor.
- 3 En els pilons columna sobre roca, no s'ha de preveure la resistència per fust en els sòls la deformabilitat dels quals sigui clarament superior a la corresponent a la zona de la punta.

#### 5.3.4.1.4 Consideracions de l'efecte grup

- 1 De forma general, per al càlcul dels pilons, no es considera l'efecte grup per a una separació entre eixos de pilons igual o superior a 3 diàmetres.
- 2 A partir de grups de 4 pilons s'ha de considerar que la proximitat entre els pilons es tradueix en una interacció entre ells, de tal manera que si el grup té  $n$  pilons, i la càrrega d'enfonsament del piló aïllat és  $R_{ck}$ , la càrrega que produeix l'enfonsament del grup,  $R_{ckg}$ , en general, no sol ser igual a  $n \cdot R_{ck}$ , en haver d'aplicar a aquest valor,  $n \cdot R_{ck}$ , un coeficient d'eficiència,  $\eta$ , que es defineix com el quocient:

$$\eta = \frac{\text{Càrrega d'enfonsament del grup}}{n \cdot \text{Càrrega d'enfonsament del piló individual}} = \frac{R_{ckg}}{n \cdot R_{ck}} \quad (5.13)$$

on  $n$  és el nombre de pilons

- 3 El coeficient d'eficiència és d'1, per a separacions entre eixos iguals o superiors a 3 D. Per a separacions d'1 D el coeficient d'eficiència és 0,7. Per a separacions entre 1 D i 3 D s'interpolava linealment entre 0,7 i 1.
- 4 En pilons clavats en sorres denses o molt denses es pot adoptar un coeficient d'eficiència igual a 1. Aquest valor es pot augmentar, amb la justificació prèvia, per la possible compactació que es pugui produir, sense que en cap cas no pugui ser superior a 1,3.
- 5 Per determinar el valor de càlcul de la resistència a l'enfonsament del grup, analitzat com una única fonamentació que engloba els pilons, s'ha d'utilitzar un coeficient,  $\gamma_R$ , que com a mínim ha de ser l'indicat a la taula 2.1.

#### 5.3.4.1.5 Mètodes per verificar l'estat límit per enfonsament d'un piló

- 1 En el cas de pilons en argiles i sorres, el valor de càlcul de la resistència del terreny  $R_{cd}$  que permet verificar l'estat límit de l'enfonsament s'obté a partir de l'expressió (5.7), i es pot determinar la resistència  $R_{ck}$  del terreny amb els mètodes indicats a l'annex F.
- 2 En el cas de pilons en roca es pot determinar directament el valor de  $R_{cd}$  a través dels valors  $q_{p,d}$  i  $\tau_{f,d}$  determinats segons el que s'indica a l'annex F.2.

#### 5.3.5 Càlcul de la resistència a l'arrencament

- 1 Si el piló està sotmès a tracció, la sol·licitació no ha de superar la capacitat resistent a l'arrencament. Es pot considerar que la resistència a l'arrencament és igual al 70% de la resistència per fust a la compressió, establerta en la determinació de la càrrega d'enfonsament.
- 2 En els pilons sotmesos a tracció s'ha de prestar una especial cura als problemes de possible corrosió.

#### 5.3.6 Resistència del terreny enfront d'accions horitzontals

- 1 Tal com s'ha indicat a l'apartat 5.2.3, el càlcul dels pilons enfront d'esforços horitzontals, als efectes d'aquest DB, tan sols s'ha de realitzar en els casos en què la màxima component de les empentes horitzontals sigui superior al 10% de la càrrega vertical compatible amb aquesta.
- 2 En el cas d'utilitzar proves de càrrega en l'estimació de la càrrega horitzontal de trencament, es poden reduir els coeficients de seguretat en funció de la importància de les proves. El coeficient de seguretat no és, en qualsevol cas, inferior al 70% dels valors recollits a la taula 2.1.
- 3 A l'annex F.2.5 s'indica un mètode per a l'estimació de la resistència del terreny enfront d'accions horitzontals, vàlida per a un piló aïllat.
- 4 En el cas de grup de pilons, la resistència enfront d'esforços horitzontals del terreny situat al voltant del grup s'estima com el menor valor dels dos següents:
  - a) la suma de les resistències horitzontals del terreny al voltant de cada piló, calculades individualment;
  - b) la resistència horitzontal del terreny corresponent a un piló equivalent el diàmetre del qual sigui l'amplada del grup i la profunditat del qual sigui igual a la profunditat mitjana dels pilons del grup.
- 5 En els casos en què aquest aspecte en el projecte resulti crític, s'han d'utilitzar procediments de càlcul més detallats o realitzar proves de càrrega que permetin una estimació més exacta de la càrrega de trencament.

#### 5.3.7 Moviments de la fonamentació

##### 5.3.7.1 Assentaments

- 1 La limitació d'assentaments s'ha de fer d'acord amb els criteris recollits a l'apartat 2.4.3.
- 2 Si l'assentament en els pilons resulta ser un aspecte crític, és convenient la realització de proves de càrrega especialment dissenyades per a la determinació d'assentaments a llarg termini, única manera precisa de conèixer la relació càrrega-assentament. Per a la realització d'aquesta prova es recomana independitzar la resistència de punta de la del fust del piló.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 3 En els casos en què aquest aspecte no resulti crític, els assentaments s'han de calcular tant per al piló aïllat com tenint en compte l'efecte grup, i s'ha de complir que els valors així estimats han de ser menors que els límits admissibles per als estats límit de servei. A l'annex F2.6 s'indica un mètode per a l'estimació d'assentaments en pilons.

**5.3.7.2 Moviments horitzontals**

- 1 Els moviments horitzontals s'han d'estudiar en els casos en què s'analitzi el comportament dels pilons enfront d'esforços horitzontals.
- 2 Si el moviment horitzontal de la fonamentació pilonada resulta ser un aspecte crític del problema en estudi, és convenient fer proves de camp per estimar-los.
- 3 S'ha de comprovar que els moviments horitzontals siguin inferiors als límits admissibles per als estats límit de servei. A l'annex F.2.7 s'indica un mètode simplificat per a la seva estimació, distingint entre piló aïllat i efecte grup.

**5.3.8 Consideracions estructurals**

- 1 En l'anàlisi dels estats límit últims s'ha de tenir en compte que les accions en el piló puguin arribar a provocar l'esgotament de la capacitat estructural de la seva secció resistent.

**5.3.8.1 Límit estructural**

- 1 El límit estructural o càrrega nominal és el valor de càlcul de la capacitat resistent del piló. S'ha de comprovar que la sol·licitació axial sobre cada piló no superi aquest límit. Com a tals sol·licitacions s'han de comparar amb els valors dels efectes de les accions definits a l'apartat 2.3.2.2.
- 2 El límit estructural depèn de:
- la secció transversal del piló;
  - el tipus de material del piló;
  - el procediment d'execució;
  - el terreny.
- 3 Els valors del límit estructural s'adopten d'acord amb l'expressió següent:

$$Q_{\text{límit}} = \sigma \cdot A \quad (5.14)$$

on:

$\sigma$  és la tensió del piló (taula 5.1)

A és l'àrea de la secció transversal

**Taula 5.1. Valors recomanats per al límit estructural dels pilons**

Procediment	Tipus de piló	Valors de $\sigma$ (Mpa)	
		Sòl ferm	Roca
Clavaments	Formigó pretesat o posttesat	0,30 ( $f_{ck} - 0,9 f_p$ )	
	Formigó armat	0,30 $f_{ck}$	
	Metàl·lics	0,30 $f_{yk}$	
	Fusta	5	
<b>Tipus de suport</b>			
		Sòl ferm	Roca
Perforaments <sup>(1)</sup>	Entubats	5	6
	Llots	4	5
	En sec	4	5
	Barrinats sense control de paràmetres	3,5	-
	Barrinats amb control de paràmetres	4	-

(1) vàlids per a formigó HA-25, per a altres formigons es poden prendre valors proporcionals. Amb un control adequat de la integritat, els pilons perforats poden ser utilitzats amb límits estructurals un 25% més grans.

$f_{ck}$  és la resistència característica del formigó

$f_p$  és la tensió introduïda en el formigó pel pretesatge

$f_{yk}$  és el límit elàstic de l'acer

### 5.3.8.2 Capacitat estructural del piló

- 1 Tal com s'indica a l'apartat 2.4.2.4 s'ha de comprovar que els valors de càlcul dels efectes de les accions de l'estructura sobre cada piló (moments i esforços tallants) no superen el valor de càlcul de la seva capacitat resistent.
- 2 En absència d'altres recomanacions més específiques i en els casos normals, on les accions horitzontals no siguin dominants, el càlcul d'esforços en els pilons es pot fer amb el mateix model estructural indicat a l'apartat 5.3.7 per al càlcul de moviments. En aquest model, la fonamentació proporciona esforços a la part exempta (no enterrada) dels pilons que es poden considerar prou precisos. A l'annex F.2.8 s'indica un mètode per al càlcul dels esforços.
- 3 L'armat dels pilons s'ha de fer d'acord amb les regles especificades a la instrucció EHE.
- 4 A efectes del càlcul a flexió de pilons formigonats in situ es recomana considerar una resistència característica del formigó igual o inferior a 18 MPa.

## 5.4 Condicions constructives i de control

### 5.4.1 Condicions constructives

#### 5.4.1.1 Pilons formigonats in situ

- 1 Els pilons formigonats a l'empara d'entubaments metàl·lics (camises) recuperables han d'avançar l'entubament fins a la zona on el terreny presenti parets estables, i s'ha de netejar el fons. L'entubament s'ha de retirar a mateix temps que es formigona el piló, i s'ha de mantenir durant tot aquest procés un resguard d'almenys 3 m de formigó fresc per damunt de l'extrem inferior de la canonada recuperable.
- 2 En els casos en què hi hagi corrents subterranis capaços de produir el rentatge del formigó i el tall del piló o en terrenys susceptibles de patir deformacions degudes a la pressió lateral exercida pel formigó s'ha de considerar la possibilitat de deixar una camisa perduda.
- 3 Quan les parets del terreny resultin estables, els pilons es poden excavar sense cap tipus d'apuntament (excavació en sec), sempre que no hi hagi el risc d'alteració de les parets ni del fons de l'excavació.
- 4 En el cas de parets en terrenys susceptibles d'alteració, l'execució de pilons excavats, amb apuntament o sense, ha de preveure la necessitat o no d'usar llots tixotròpics per a la seva estabilització.
- 5 L'ús de llots tixotròpics també es pot plantejar com a mètode alternatiu o complementari a l'execució amb entubament recuperable sempre que es justifiqui adequadament.
- 6 En el procés de formigonatge s'ha d'assegurar que la docilitat i fluïdesa del formigó es manté durant tot el procés de formigonatge, per garantir que no es produeixin fenòmens d'embussos en el tub Tremie, o bosses de formigó segregat o mesclat amb el llot de perforació.
- 7 El ciment a utilitzar en el formigó dels pilons s'ha d'ajustar als tipus definits en la instrucció vigent per a la recepció de ciment.
- 8 En els pilons barrinats l'apuntament del terreny es produeix el mateix element d'excavació (barrina o hèlix contínua). Una vegada s'ha arribat al fons, el formigó es col·loca sense invertir el sentit de la barrina i en un moviment d'extracció de l'eina de gir de la perforació. L'armadura del pilonatge s'introdueix a posteriori, i es clava en el formigó encara fresc fins a assolir la profunditat de projecte, que ha de ser com a mínim de 6 m o 9D.
- 9 Als efectes d'aquest DB no s'han de realitzar pilons de barrina contínua quan:
  - a) es considerin pilons aïllats, llevat que s'efectuïn amb un registre continu de paràmetres de perforació i formigonatge, que assegurin la continuïtat estructural del piló;



## Document bàsic SE-C Fonaments

- b) la inclinació del piló sigui superior a 6°, llevat que es prenguin mesures per controlar el direccionament de la perforació i la col·locació de l'armadura;
  - c) hi hagi capes de terreny inestable amb un gruix superior a 3 vegades el diàmetre del piló, llevat que es pugui demostrar mitjançant pilons de prova que l'execució és satisfactòria o que s'executin pilons amb un registre continu de paràmetres i tub telescòpic de formigonatge, que assegurï la continuïtat estructural del piló.
- 10 Amb relació a l'apartat anterior, es consideren terrenys inestables els següents:
- a) terrenys uniformes no cohesius amb un coeficient d'uniformitat (relació de diàmetres corresponents al 60 i al 10% en pes) inferior a 2 ( $D_{60}/D_{10} < 2$ ) per sota del nivell freàtic;
  - b) terrenys fluïxos no cohesius amb  $N < 7$ ;
  - c) terrenys molt tous cohesius amb resistència al tall no drenada,  $c_u$ , inferior a 15 kPa.
- 11 No es considera recomanable executar pilons amb barrina contínua en zones de risc sísmic o que treballin a tracció, llevat que es pugui garantir l'armat en tota la seva longitud i el recobriment de l'armadura.
- 12 Per a l'execució de pilons formigonats in situ es consideren adequades les especificacions constructives amb relació a aquest tipus de pilons, recollides a la norma UNE-EN 1536:2000.

**5.4.1.1.1 Primeres matèries**

- 1 Tant les primeres matèries com la dosificació dels formigons s'han d'ajustar al que s'indica a la Instrucció de formigó estructural EHE.
- a) Aigua  
L'aigua per a la mescla ha de complir el que s'exposa a la Instrucció EHE, de manera que no pugui afectar els materials constituents de l'element a construir.
  - b) Ciment  
El ciment a utilitzar en el formigó dels pilons s'ha d'ajustar als tipus definits en la vigent instrucció per a la recepció de ciment. Es poden utilitzar altres ciments quan s'especifiquin i tinguin una eficàcia provada en condicions determinades.  
  
No es recomana la utilització de ciments de gran finor de molta i calor d'hidratació alta, a causa de les altes dosificacions a emprar. No és recomanable l'ús de ciments d'aluminat de calci, i és preferible l'ús de ciments amb addicions (tipus II), perquè s'ha manifestat que aquestes milloren la treballabilitat i la durabilitat, i redueixen la generació de calor durant la curació.  
  
En cas que el nivell d'agressivitat sigui molt elevat, s'han d'utilitzar ciments amb la característica especial de resistència a sulfats o aigua de mar (SR/MR).
  - c) Àrids  
Els àrids han de complir les especificacions contingudes a l'article 28è de la Instrucció de formigó estructural EHE.  
  
A fi d'evitar la segregació, la granulometria dels àrids ha de ser contínua. És preferible l'ús d'àrids arrodonits quan la col·locació del formigó es realitzi mitjançant tub Tremie.  
  
La mida màxima de l'àrid s'ha de limitar a trenta-dos mil·límetres (32 mm) o a un quart (1/4) de la separació entre rodons longitudinals, i s'ha de triar el menor en les dues dimensions. En condicions normals s'han d'utilitzar preferiblement mides màximes d'àrid de vint-i-cinc mil·límetres (25 mm), si és rodat, i de vint mil·límetres (20 mm), si és procedent d'esquerdament.
  - d) Additius  
Per aconseguir les propietats necessàries per a la posada en obra del formigó, es poden utilitzar amb gran cura reductors d'aigua i plastificants, inclosos els superplastificants, amb la finalitat d'evitar el traspuament o segregació que podria resultar per una proporció d'aigua elevada.  
  
S'ha de limitar, en general, la utilització d'additius de tipus superfluïdificant de durada limitada al moment de l'abocament, que afectin una rigidesa prematura de la massa, al moment de l'adornament i a la segregació. En el cas que s'utilitzin, s'ha d'assegurar que la seva dosificació no provoqui aquests efectes secundaris i mantingui unes condicions adequades en la fluïdesa del formigó durant el període complet del formigonatge de cada piló.

## Document bàsic SE-C Fonaments

**5.4.1.1.2 Dosificació i propietats del formigó**

- 1 El formigó dels pilons ha de posseir:
  - a) alta capacitat de resistència contra la segregació;
  - b) alta plasticitat i bona cohesió;
  - c) bona fluïdesa;
  - d) capacitat d'autocompactació;
  - e) suficient treballabilitat durant el procés d'abocament, inclosa la retirada, si s'escau, d'entubaments provisionals.
- 2 A la taula 5.2 es recullen els criteris de contingut mínim de ciment, relació aigua/ciment i contingut mínim de fins.

**Taula 5.2. Dosificacions de pastada**

Contingut de ciment	
- abocament en sec	$\geq 325 \text{ Kg/m}^3$
- formigonatge submergit	$\geq 375 \text{ Kg/m}^3$
Relació aigua-ciment (A/C)	$< 0,6$
Contingut de fins $d < 0,125 \text{ mm}$ (ciment inclòs)	
- àrid gros $d > 8 \text{ mm}$	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$
- àrid gros $d \leq 8 \text{ mm}$	$\geq 450 \text{ kg/m}^3$

- 3 A la taula 5.3 es recullen els valors de consistència del formigó, segons les diferents condicions de col·locació.

**Taula 5.3. Consistència del formigó**

Assentaments de con d'Abrams mm	Condicions típiques d'ús (exemples)
$130 \leq H \leq 180$	Formigó abocament en sec
$H \geq 160$	Formigó bombat o bé formigó submergit, abocament sota l'aigua amb tub Tremie
$H \geq 180$	Formigó submergit, abocament sota fluid estabilitzador amb tub Tremie

Nota.- Els valors mesurats de l'assentament (H) s'han d'arrodonir als 10 mm

- 4 En cas que les dosificacions de pastada i els valors de consistència establerts a les taules 5.2 i 5.3 no donin una mescla d'alta densitat, es poden ajustar el contingut de ciment i la consistència.
- 5 S'ha d'assegurar que la docilitat i fluïdesa es manté durant tot el procés de formigonatge, per garantir que no es produeixin fenòmens d'embussos en el tub Tremie, discontinuïtats en el formigó o bosses de formigó segregat o mesclat amb el llot de perforació. Durant 4 hores i, almenys durant tot el període de formigonatge de cada piló, la consistència del formigó disposat s'ha de mantenir en un con d'Abrams no inferior a 100 mm.
- 6 S'ha de proporcionar una protecció adequada a través del disseny de la mescla o de camises perdudes, contra l'agressivitat del sòl o dels aqüífers.

**5.4.1.2 Pilons prefabricats clavats**

- 1 Per a l'execució dels pilons prefabricats es consideren adequades les especificacions constructives recollides amb relació a aquest tipus de pilons en la norma UNE-EN 12699:2001.

**5.4.2 Control****5.4.2.1 Control d'execució de pilons formigonats in situ**

- 1 L'execució correcta del piló, incloent-hi la neteja i si s'escau el tractament de la punta, són factors fonamentals que afecten el seu comportament, i que s'han de prendre en consideració per assegurar la validesa dels mètodes de càlcul previstos en aquest DB.
- 2 Els pilons executats in situ s'han de controlar durant l'execució, i s'ha de confeccionar un informe que contingui, almenys, les dades següents:

## Document bàsic SE-C Fonaments

- a) dades del piló (Identificació, tipus, diàmetre, punt de replanteig, profunditat, etc.);
  - b) longitud d'entubament (en cas que sigui entubat);
  - c) valors de les cotes: del terreny, del cap del piló, de l'armadura, de l'entubament, dels tubs sònics, etc.;
  - d) tipus de terreny travessats (comprovació amb el terreny considerat originàriament);
  - e) nivells d'aigua;
  - f) armadures (tipus, longituds, dimensions, etc.);
  - g) formigons (tipus, característiques, etc.);
  - h) temps (de perforació, de col·locació d'armadures, de formigonatge);
  - i) observacions (qualsevol incidència durant les operacions de perforació i formigonatge).
- 3 Durant l'execució es consideren adequats els controls següents, segons la norma UNE-EN 1536:2000 (taules 6 a 11):
- a) control del replanteig;
  - b) control de l'excavació;
  - c) control del llot;
  - d) control de les armadures;
  - e) control del formigó.
- 4 En el control d'abocament de formigó, al començament del formigonatge, el tub Tremie no pot descansar sobre el fons, sinó que s'ha d'eleva uns 20 cm per permetre la sortida del formigó.
- 5 En els pilons de barrina contínua es consideren adequats els controls indicats a la taula 12 de la norma UNE-EN 1536:2000. Quan aquests pilons s'executin amb instrumentació, s'han de controlar en temps real els paràmetres de perforació i de formigonatge, i permetre conèixer i corregir instantàniament les possibles anomalies detectades.
- 6 Es poden diferenciar dos tipus d'assajos de control:
- a) assajos d'integritat al llarg del piló;
  - b) assajos de càrrega (estàtics o dinàmics).
- 7 Els assajos d'integritat tenen per objecte verificar la continuïtat del fust del piló i la resistència mecànica del formigó.
- 8 Poden ser, segons els casos, dels tres tipus següents:
- a) transparència sònica;
  - b) impedància mecànica;
  - c) sondejos mecànics al llarg del piló.
- A més, es pot realitzar un registre continu de paràmetres en pilons de barrina contínua.
- 9 El nombre i la naturalesa dels assajos s'han de fixar en el plec de condicions del projecte i establir abans del començament dels treballs. El nombre d'assajos no ha de ser inferior a 1 per cada 20 pilons, llevat del cas de pilons aïllats amb diàmetres entre 45 i 100 cm, que no ha de ser inferior a 2 per cada 20 pilons. En pilons aïllats de diàmetre superior a 100 cm no ha de ser inferior a 5 per cada 20 pilons.

**5.4.2.2 Control d'execució de pilons prefabricats clavats**

- 1 Els controls de tots els treballs de realització de les diferents etapes d'execució d'un piló s'han d'ajustar al mètode de treball i al pla d'execució establerts en el projecte.
- 2 S'han de controlar els efectes del clavament de pilons en la proximitat d'obres sensibles o de pendents potencialment inestables. Els mètodes poden incloure el mesurament de vibracions, de pressions intersticials, deformacions i mesurament de la inclinació. Aquestes mesures s'han de comparar amb els criteris de prestacions acceptables.
- 3 La freqüència dels controls s'ha d'especificar i acceptar abans de començar els treballs de clavament dels pilons.
- 4 Els informes dels controls s'han de facilitar en el termini convingut i conservar a l'obra fins a la terminació dels treballs de clavament dels pilons.
- 5 Tots els instruments utilitzats per al control de la instal·lació dels pilons o dels efectes derivats d'aquesta instal·lació han de ser adequats a l'objectiu previst i han d'estar calibrats.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 6 S'ha de ressenyar qualsevol no-conformitat.
- 7 S'ha de registrar la corba completa del clavament d'un cert nombre de pilons. Aquest nombre s'ha de fixar en el plec de condicions del projecte.
- 8 De manera general s'ha de ressenyar:
  - a) sobre les maces: l'altura de caiguda del pistó i el seu pes o l'energia de copejament, així com el nombre de cops de la maça per unitat de penetració;
  - b) sobre els pilons clavats per vibració: la potència nominal, l'amplitud, la freqüència i la velocitat de penetració;
  - c) sobre els pilons clavats per pressió: la força aplicada al piló.
- 9 Quan els pilons es clavin fins al rebuig, s'ha de mesurar l'energia i avanç.
- 10 Si els aixecaments o els desplaçaments laterals són perjudicials per a la integritat o la capacitat del piló, s'han de mesurar, respecte a una referència estable, el nivell de la part superior del piló i la seva implantació, abans i després del clavament dels pilons pròxims o després d'excavacions ocasionals.
- 11 Els pilons prefabricats que s'aixequin per damunt dels límits acceptables s'han de tornar a clavar fins que s'assoleixin els criteris previstos en el projecte en un principi (quan no sigui possible reclavar el piló, s'ha de realitzar un assaig de càrrega per determinar les seves característiques càrrega-penetració, que permetin establir les prestacions globals del grup de pilons).
- 12 No s'ha d'interrompre el procés de clavament d'un piló fins a assolir el rebuig previst que asseguri la resistència assenyalada en el projecte. En sòls argilosos, i per a edificis de categoria C-3 i C-4, s'ha de comprovar el rebuig assolit, transcorregut un període mínim de 24 hores, en una mostra representativa de pilons.

### 5.4.3 Toleràncies d'execució

- 1 Per a pilons formigonats in situ s'han de complir, llevat d'especificació en contra del plec de condicions del projecte, les toleràncies següents:
  - a) Posició dels pilons a nivell de la plataforma de treball  
 $e < e_{m\grave{a}x} = 0,1 \cdot D_{eq}$ ; per a pilons amb  $D_{eq} \leq 1,5$  m.  
 $e < e_{m\grave{a}x} = 0,15$  m, per a pilons amb  $D_{eq} > 1,5$  m.  
 on  $D_{eq}$  és el diàmetre equivalent del piló.
  - b) Inclinació  
 $i < i_{m\grave{a}x} = 0,02$  m/m per a  $\theta \leq 4^\circ$   
 $i < i_{m\grave{a}x} = 0,04$  m/m per a  $\theta > 4^\circ$   
 on  $\theta$  és l'angle que forma l'eix del piló amb la vertical.
- 2 Per a pilons prefabricats clavats s'han de complir els requisits següents:
  - a) Posició dels pilons a nivell de la plataforma de treball  
 en terra:  $e < e_{m\grave{a}x} =$  valor més gran entre el 15% del diàmetre equivalent o 5 cm  
 en aigua: d'acord amb les especificacions definides en el projecte.
  - b) Inclinació  
 $i < i_{m\grave{a}x} = 0,02$  m/m per a  $\theta \leq 4^\circ$   
 $i < i_{m\grave{a}x} = 0,04$  m/m per a  $\theta > 4^\circ$   
 on  $\theta$  és l'angle que forma l'eix del piló amb la vertical
- 3 Quan es requereixin toleràncies més estrictes que les anteriors, s'han d'establir en el plec de condicions del projecte, i, en qualsevol cas, abans del començament dels treballs.
- 4 Per a la mesura de les desviacions d'execució es considera que el centre del piló és el centre de gravetat de les armadures longitudinals, o el centre del cercle més gran inscrit en la secció del cap del piló per als no armats.

### 5.4.4 Assajos de pilons

- 1 Els assajos de pilons es poden realitzar per:

## Document bàsic SE-C Fonaments

- a) estimar els paràmetres de càlcul;
  - b) estimar la capacitat portant;
  - c) provar les característiques resistent-deformacionals en el rang de les accions especificades;
  - d) comprovar el compliment de les especificacions;
  - e) provar la integritat del piló.
- 2 Els assajos de pilons poden consistir en:
- a) assajos de càrrega estàtica;
  - b) assajos de càrrega dinàmica o d'alta deformació;
  - c) assajos d'integritat;
  - d) assajos de control.
- 3 Els assajos de càrrega estàtica poden ser:
- a) per esglaons de càrrega;
  - b) a velocitat de penetració constant.
- 4 Els assajos d'integritat poden ser:
- a) assajos d'eco o sònics per reflexió i per impedància, o de baixa deformació;
  - b) assajos sònics per transparència, o *cross-hole* sònics.
- 5 Els assajos de control poden ser:
- a) amb perforació del formigó per a l'obtenció de testimonis;
  - b) amb inclinòmetres per verificar la verticalitat del piló.
- 6 Convé que els assajos de càrrega estàtica i dinàmica no s'efectuïn fins al cap d'un temps suficient, que tingui en compte els augments de resistència del material del piló, així com l'evolució de la resistència dels sòls deguda a les pressions intersticials.
- 7 Per a edificis de categoria C-3 i C-4, en pilons prefabricats, es considera necessària la realització de proves dinàmiques de clavament contrastades amb proves de càrrega.

## 6 Elements de contenció

### 6.1 Definicions i tipologies

#### 6.1.1 Pantalles

- 1 Es denominen pantalles els elements de contenció de terres que s'utilitzen per realitzar excavacions verticals en els casos en què el terreny, els edificis o altres estructures fonamentades als voltants de l'excavació no serien estables sense subjecció, o bé es tracta d'eliminar possibles filtracions d'aigua a través dels talussos de l'excavació i eliminar o reduir a límits admissibles les possibles filtracions a través del fons d'aquesta, o d'assegurar l'estabilitat d'aquest enfront de fenòmens de sifonament. Es construeixen des de la superfície del terreny prèviament a l'execució de l'excavació i treballen fonamentalment a flexió. Queden excloses les pantalles que tenen únicament per objecte la impermeabilització o estanquitat.
- 2 Si l'excavació es produeix per sota del nivell freàtic, és necessari preveure una impermeabilització suplementària al mateix formigó de conformitat amb el que indica el DB-HS, secció 1.
- 3 La pantalla compleix una tasca estructural de contenció de terres, i d'impermeabilització del vas, però no es pot considerar un element totalment acabat ni absolutament impermeable, ateses les característiques intrínseques del material i del procés d'execució. En qualsevol cas és necessari preveure un acabat final de la seva superfície, ja que es formigona contra el mateix terreny. En general, la fase crítica en la vida de la pantalla és la de l'execució.
- 4 Les condicions essencials de les pantalles que les diferencien dels murs i els apuntalaments són:
  - a) s'executen prèviament a l'excavació;
  - b) en general assoleixen una profunditat sota el fons d'excavació que no és petita en relació amb l'altura lliure de la pantalla;

## Document bàsic SE-C Fonaments

- c) l'encastament de la pantalla en el terreny per sota del fons de l'excavació és, en general, indispensable per a la seva estabilitat, i en ocasions constitueix l'únic element que la proporciona i el pes propi de la pantalla és un factor d'influència molt escassa o nul·la;
- d) són estructures flexibles i resisteixen les empentes del sòl deformant-se.
- 5 A la taula 6.1 es recullen els diversos tipus de pantalla que es consideren en aquest DB:

Taula 6.1. Tipus de pantalla

Pantalles executades completament in situ	Pantalles contínues de formigó Pantalles de pilons	
Pantalles d'elements prefabricats	Clavades	Palplanxes de formigó armat o pretesat Palplanxes d'acer Palplanxes de fusta
	De plafons de formigó armat o pretesat que es col·loquen en una rasa prèviament excavada	

- 6 Les pantalles poden requerir en molts casos subjecció en un o diversos punts de la seva altura lliure, a més de l'encastament en el terreny per sota del nivell d'excavació, bé sigui per estabilitat, resistència o per impedir excessives deformacions horitzontals o verticals del terreny a l'extradós. A l'apartat 6.3.2.1 es descriuen els procediments més habituals.

**6.1.1.1 Pantalles contínues de formigó**

- 1 Generalment consisteixen en l'excavació d'una rasa, el gruix de la qual varia normalment entre 0,4 i 1,50 m, per panys o mòduls d'una amplada que oscil·la generalment entre un valor mínim corresponent a l'obertura de la cullera i un valor màxim en funció de l'estabilitat del terreny, generalment de 2,5 a 4,5 m, moviments i deformacions admissibles o altres condicions de l'obra.
- 2 Un plafó pot tenir una o diverses gàbies d'armadura al llarg de la seva longitud. En terrenys amb cohesió i per damunt del nivell freàtic, les rases, de les dimensions abans indicades per a cada mòdul i de la profunditat total de la pantalla, poden ser estables sense necessitar cap element de contenció, a causa, en part, de l'efecte tridimensional associat a les seves proporcions.
- 3 Tanmateix, en general, i especialment si es tracta de sòls sense cohesió, com sorres i llims, sota el nivell freàtic, les rases no són estables per si mateixes. L'estabilitat sense apuntalament s'aconsegueix reblint cada mòdul de rasa amb llots tixotròpics (suspensions en aigua d'argiles tixotròpiques, de molt alta plasticitat, com bentonites, sepiolites, etc.).

**6.1.1.2 Pantalles de pilons**

- 1 Comunament les pantalles de pilons s'efectuen mitjançant pilons perforats, encara que en determinades ocasions es podrien executar amb pilons prefabricats clavats.
- 2 Si no hi ha necessitat que la pantalla sigui estanca, els pilons es poden disposar amb una certa separació entre ells, amb separacions entre eixos inferiors al doble del diàmetre dels pilons, llevat de justificació en contra.
- 3 En l'estabilitat del terreny entre pilons separats es pot tenir en compte l'efecte d'arc. La separació entre pilons es determina en funció de la naturalesa del terreny, dels esforços a resistir i de la capacitat de flexió dels pilons.
- 4 Quan l'excavació hagi de romandre oberta molt temps, i sobretot si el terreny és meteoritzable i perd ràpidament les seves característiques resistents en contacte amb l'aire, s'ha de protegir la banda de terreny que queda vista entre pilons per mitjà de formigó projectat.
- 5 Quan s'hagi d'excavar sota el nivell freàtic és necessari que els pilons siguin secants entre si, per la qual cosa la pantalla s'ha d'efectuar mitjançant pilons perforats o s'hi ha d'aplicar altres tècniques de tractament del terreny entre pilons.

**6.1.1.3 Pantalles de palplanxes**

- 1 Es consideren com a tals les alineacions de plafons prefabricats o palplanxes, que es claven en el terreny a cops o per vibració i constitueixen, degudament enllaçades, pantalles resistents o d'impermeabilització, que serveixin de protecció per a l'execució d'altres obres.
- 2 Els tipus de palplanxes considerats en aquest DB són:
  - a) palplanxes de formigó armat o pretesat;
  - b) palplanxes d'acer. Aquestes a causa de la seva secció menor es claven més fàcilment que les palplanxes de formigó armat, i originen menys vibracions en el terreny.

### 6.1.2 Murs

- 1 Els murs es defineixen com a elements de contenció destinats a establir i mantenir una diferència de nivells en el terreny amb un pendent de transició superior al que permetria la resistència d'aquest, transmetent a la seva base i resistint amb deformacions admissibles les empentes laterals corresponents. En el cas de murs de soterrani, aquests s'utilitzen per independitzar una construcció enterrada del terreny circumdant.
- 2 En edificació, els murs de contenció solen ser construccions trencades o tancades en planta, a les quals connecten altres elements tant de l'edificació com de la urbanització.
- 3 No estan coberts per aquest DB els murs de simple protecció o revestiment, els murs de tancament exempts per les dues cares, els murs de contenció d'aigua o fluids en dipòsits no enterrats, etc. Aquest DB tampoc no és aplicable als paraments creats per l'augment artificial de la resistència del terreny, els murs selecció, els murs de sòl reforçat i tots els que, tot i ser solucions adequades per a diversos casos, pel seu caràcter especial requereixin mètodes particulars de disseny, càlcul i execució.
- 4 Pels materials utilitzats, els murs generalment són de formigó en massa o armat, maçoneria o fàbrica.
- 5 Pel seu concepte estructural es distingeixen, entre altres, els murs de gravetat, de gravetat alleugerits, de contraforts, en L o en mènsula, de soterrani i els realitzats per pous de recalçar a mesura que s'executa l'excavació (vegeu la figura 6.1).

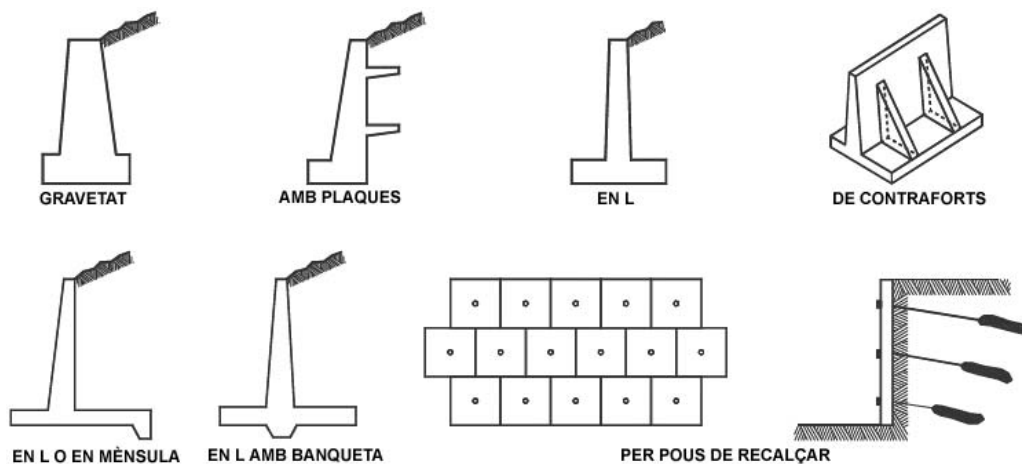
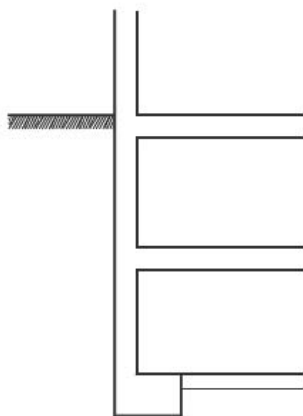


Figura 6.1. Tipus de murs

- 6 Els murs de gravetat són elements de contenció les dimensions dels quals són prou grans per equilibrar les empentes únicament pel seu pes, sense que es produeixin traccions a la fàbrica o formigó o sent aquestes negligibles. Aquests murs en general no necessiten armadura i són els més resistents als agents destructius. Les seves formes són molt variades, i per a l'enllaç de les parts construïdes successivament se solen deixar banquetes o claus.
- 7 En el cas de murs de gravetat alleugerits, en reduir-se el gruix de l'alçat del mur, les petites traccions corresponents s'absorbeixen amb una lleugera armadura. El peu ha de sobresortir en mènsula per mantenir l'amplada de base necessària, per la qual cosa també és necessària la col·locació d'armadura a la base de la sabata. En alguns casos, el mur s'alleugereix retallant el seu extradós a la zona on les pressions transmises al terreny són menors.
- 8 En cas de disposar una o diverses plaques en mènsula a l'extradós del mur, en alleujar les empentes per efecte "ombra", permet una menor secció de mur.
- 9 En els murs en L o en mènsula, la base del mur està constituïda per una llosa o sabata sobre la qual s'aixeca l'alçat, que sol ser de gruix reduït, i les flexions de la mènsula s'absorbeixen mitjançant una armadura senzilla o doble. Per millorar la resistència a l'esllavissament, aquests murs poden portar banquetes centrals o al taló posterior i si els esforços són importants l'encastament a la sabata es pot reforçar mitjançant cartabons.
- 10 Els murs de contraforts són una variant dels anteriors en què l'amplada del mur es reforça a determinats intervals per reduir les flexions del mur i aconseguir a més una orientació

més favorable de les empentes. Les plaques frontals poden ser planes o voltades, preferentment de directriu circular. Si és necessari, poden portar banquetes al taló de la placa de base.

- 11 Els murs realitzats mitjançant pous de recalçar, a mesura que s'executa l'excavació generalment estan constituïts per plaques, de formigó armat, d'uns 3 x 3 m, i un gruix, entre 40 i 80 mm, formigonades contra el terreny, cadascuna de les quals s'ancora al terreny una vegada endurit el formigó. Els pous de recalçar s'executen a mesura que s'efectua l'excavació, sense iniciar l'obertura d'un pou de recalçar mentre la placa superior no estigui ancorada, i s'han de cavalcar per donar continuïtat a les armadures, tant en sentit horitzontal com en sentit vertical, formant mòduls en general amb almenys 3 ancoratges. Llevat de justificació en contra, aquest procediment s'ha d'utilitzar únicament en excavacions sobre el nivell freàtic. Aquests murs no s'encasten al terreny per sota del nivell d'excavació, per la qual cosa la seva estabilitat s'aconsegueix exclusivament per mitjà dels ancoratges.
- 12 Els murs de soterrani generalment tenen forma de calaixos tancats i estan sotmesos a l'empenta del terreny i, en la seva situació definitiva, a les càrregues procedents de forjats, i en ocasions a les de suports o murs de càrrega que neixen de la seva cúspide. Els forjats actuen com a elements de travada transversal. Als efectes del seu dimensionament o comprovació com a elements estructurals, les regles d'aquest DB s'han de complementar amb les de les altres funcions que posseeixen. En aquest tipus de murs els efectes derivats de la contenció poden ser secundaris, sobretot en edificis de diverses plantes.



MUR DE SOTERRANI

Figura 6.2. Mur de soterrani

- 13 Atès que hi ha nombrosos tipus i variants de construcció de murs, es pot utilitzar qualsevol altre tipus de mur, d'acord amb les sol·licitacions, condicionants exteriors, de funcionalitat o estètiques en cada cas, sempre que compleixi les condicions indicades en aquest DB.

## 6.2 Accions a considerar i dades geomètriques

### 6.2.1 Generalitats

- 1 En la definició de les accions s'han de considerar les sobrecàrregues degudes a la presència d'edificacions pròximes, possibles abassegaments de materials, vehicles, etc. Les forces dels puntals i ancoratges es consideren com a accions.
- 2 El valor de càlcul de la densitat del material de rebliment s'ha de definir a partir de les característiques del material previst en l'estudi de materials, o el seu cas en l'estudi geotècnic (vegeu les taules D.26 i D.27). S'hi han d'especificar els controls a realitzar en la fase d'obra per comprovar que els valors reals compleixen les hipòtesis del projecte.
- 3 La presència de càrregues repetitives o dinàmiques significatives requereix un estudi especial per avaluar la seva influència sobre l'estructura de contenció.
- 4 La densitat de l'aigua freàtica s'ha d'avaluar considerant la possible presència de sals o elements contaminants.



## Document bàsic SE-C Fonaments

- 5 En el càlcul d'elements de contenció, sobretot en els provisionals, s'han de tenir en compte les possibles variacions espacials i temporals de la temperatura. Això pot ser d'especial importància per la seva repercussió en la tensió dels estampidors.
- 6 El càlcul d'un element de contenció constitueix un procés iteratiu en què, partint del seu dimensionament previ, es comprova si la seguretat per resistir les diverses accions és suficient; en cas contrari, se'n modifica el disseny.
- 7 Les accions principals a considerar són:
  - a) el pes propi de l'element de contenció, d'acord amb el material previst per a la seva execució;
  - b) l'empenta i pes del terreny circumdant, tenint en compte la posició del nivell freàtic;
  - c) les empentes degudes a l'aigua, bé en forma de pressió intersticial, subpressió o pressió de filtració;
  - d) les sobrecàrregues sobre l'estructura de contenció o sobre el terreny d'extradós;
  - e) els efectes sísmics, quan sigui necessària la seva previsió per la zona d'emplaçament de l'estructura de contenció;
  - f) excepcionalment, les empentes de terrenys expansius, els deguts a la congelació de l'aigua a terra, els induïts per la compactació del rebliment o les incidències constructives previsibles.
- 8 El càlcul d'empentes per a l'anàlisi d'estats límit últims es basa generalment en la hipòtesi que hi ha prou rotació o translació de l'element de contenció per arribar a un estat de trencament. Això s'ha de tenir en compte en els casos en què hi ha construccions o serveis a l'entorn.
- 9 Els estats d'empenta depenen del desplaçament del terreny i són els següents:
  - a) empenta activa: quan l'element de contenció gira o es desplaça cap a l'exterior sota les pressions del rebliment o la deformació de la seva fonamentació fins a assolir unes condicions d'empenta mínima;
  - b) empenta passiva: quan l'element de contenció és comprimit contra el terreny per les càrregues transmises per una estructura o un altre efecte similar fins a assolir unes condicions de màxima empenta;
  - c) empenta en repòs: quan es produeix un estat intermedi que és el corresponent a l'estat tensional inicial en el terreny.

### 6.2.2 Dades geomètriques

- 1 La confirmació geomètrica de càlcul ha de prendre en consideració les variacions futures previsibles del nivell del terreny, especialment en coronament o al peu de l'element de contenció.
- 2 En càlculs d'estats límit últims en què l'estabilitat de l'element de contenció depengui de la resistència del terreny al davant d'aquest, la cota del sòl estabilitzant s'ha de reduir del valor nominal en un valor  $\Delta a$ , que es defineix prenent en consideració el grau de control existent sobre la permanència del material esmentat. En general i llevat de justificació, es consideren els valors de  $\Delta a$  següents:
  - a) pantalles: es considera un valor de  $\Delta a$  igual al 10% de l'altura de la pantalla sobre el fons d'excavació, amb un màxim de 0,5 m;
  - b) murs: es considera un valor de  $\Delta a$  igual al 10% de la distància entre el pla de suport i el fons d'excavació, amb un màxim de 0,5 m.
- 3 Es poden utilitzar valors inferiors de  $\Delta a$ , o fins i tot 0, quan es pugui garantir la permanència en el temps del terreny. Per contra, s'han d'utilitzar valors superiors de  $\Delta a$  si la geometria del terreny en el fons de l'excavació és especialment dubtosa.

### 6.2.3 Càlcul dels coeficients d'empenta activa ( $K_A$ ) i passiva ( $K_P$ )

- 1 L'empenta activa  $P_a$  es defineix com la resultant de les empentes unitàries,  $\sigma'_a$ , que es pot determinar mitjançant les fórmules següents:

## Document bàsic SE-C Fonaments

$$\sigma'_a = K_A \cdot \sigma'_v - 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_A} \quad (6.1)$$

$$\sigma'_{ah} = \sigma'_a \cdot \sin(\beta + \delta) \quad (6.2)$$

$$K_A = \left[ \frac{\operatorname{cosec} \beta \cdot \sin(\beta - \phi')}{\sqrt{\sin(\beta + \delta)} + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi') \cdot \sin(\phi' - i)}{\sin(\beta - i)}}} \right]^2 \quad (6.3)$$

on:

$\sigma'_v$  és la tensió efectiva vertical, de valor  $\gamma' \cdot z$ , en què  $\gamma'$  és el pes específic efectiu del terreny i  $z$  l'altura del punt considerat respecte a la rasant del terreny en la seva connexió al mur;

$\sigma'_{ah}$  és la component horitzontal de l'empenta unitària

$\phi'$  i  $c'$  és l'angle de fricció interna i la cohesió del terreny o rebliment de l'extradós;

$\beta, i$  són els angles indicats en la figura 6.3;

$\delta$  és l'angle de fricció entre el mur i el terreny o rebliment.

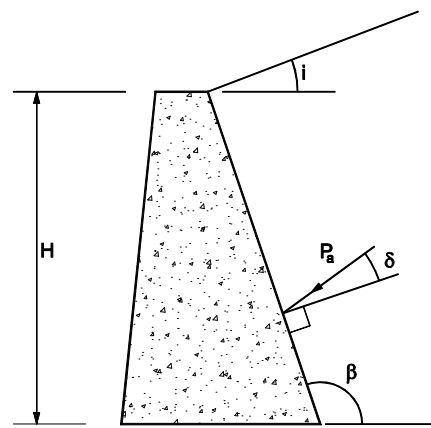


Figura 6.3. Empenta activa

- 2 En un terreny granular, homogeni, l'empenta activa,  $P_a$ , sobre un parament vertical, degut exclusivament al terreny, és igual a:

$$P_a = K_A \cdot \gamma' \cdot H^2 / 2 \quad (6.4)$$

on:

$\gamma'$  és el pes específic efectiu (aparent o submergit) del terreny

- 3 En el cas de mur vertical, i terreny horitzontal si  $\delta=0$ , el valor de  $K_A = \operatorname{tg}^2(\pi/4 - \phi'/2)$ ; on  $\phi'$  està en radians.
- 4 L'empenta passiva  $P_p$  es defineix com la resultant de les empentes unitàries  $\sigma'_p$ , i es poden determinar mitjançant les fórmules següents:

$$\sigma'_p = K_P \cdot \sigma'_v + 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_P} \quad (6.5)$$

$$\sigma'_{ph} = \sigma'_p \cdot \sin(\beta - \delta) \quad (6.6)$$

$$K_A = \left[ \frac{\operatorname{cosec} \beta \cdot \sin (\beta + \phi')}{\sqrt{\sin (\beta - \delta) - \sqrt{\frac{\sin (\delta + \phi') \cdot \sin (\phi' + i)}{\sin (\beta - i)}}}} \right]^2 \quad (6.7)$$

on:

$\sigma'_v$  és la tensió efectiva vertical, de valor  $\gamma' \cdot z$ , en què  $\gamma'$  és el pes específic efectiu del terreny i  $z$  l'altura del punt considerat respecte a la rasant del terreny en la seva escomesa al mur;

$\sigma'_{ph}$  és la component horitzontal de l'empenta unitària passiva

$\phi'$  i  $c'$  és l'angle de fricció intern i la cohesió del terreny

$\beta$ ,  $i$  i  $\delta$  són els angles indicats a la figura 6.4.

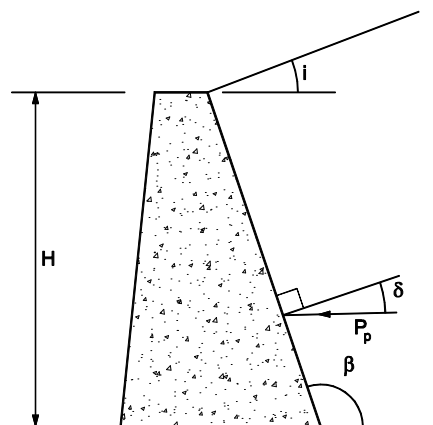


Figura 6.4. Empenta passiva

- 5 En un terreny granular homogeni, l'empenta passiva,  $P_p$ , sobre un parament vertical, deguda exclusivament al terreny, és igual a:

$$P_p = K_p \cdot \gamma' \cdot H^2 / 2 \quad (6.8)$$

- 6 En el cas de mur vertical, i terreny horitzontal si  $\delta=0$ , el valor de  $K_p = \operatorname{tg}^2(\pi/4 + \phi'/2)$ , en què  $\phi'$  està en radians.

- 7 La fricció entre el terreny i el mur influeix sobre la magnitud del moviment necessari per a la mobilització total de les empentes, per a la qual cosa, llevat d'una justificació especial, s'han de tenir en compte les estimacions següents de l'angle de fricció  $\delta$  entre el terreny i el mur:

- per a empenta activa i mur rugós;  $\delta \leq \frac{2}{3} \phi'$ , com és la situació de mur encofrat contra el terreny
- per a empenta activa i mur poc rugós;  $\delta \leq \frac{1}{3} \phi'$ , com és la situació de mur encofrat a doble cara
- per a empenta activa i mur llis:  $\delta = 0$ , si s'utilitza la hipòtesi de Rankine o l'ús de llots tixotròpics
- per a empenta passiva:  $\delta \leq \frac{1}{3} \phi'$

- 8 El valor de  $\phi'$  utilitzat en l'avaluació de  $\sigma$  no ha de superar l'angle de fricció interna crítica del sòl.

- 9 L'angle  $\delta$  pot ser positiu o negatiu segons el moviment relatiu del reblliment respecte de l'element de contenció. Usualment  $\delta \geq 0$  (component de fricció cap a baix); però hi poden haver combinacions de forces que alterin el signe de  $\delta$ , per la qual cosa en aquests casos especials s'han de comprovar les hipòtesis adoptades sobre la direcció de la força de fricció.
- 10 En pantalles de pilons s'ha de calcular l'empenta activa sobre la superfície total de la pantalla.
- 11 En pantalles de pilons amb separació entre eixos inferior a 3 vegades el seu diàmetre, s'ha de considerar l'empenta passiva sobre la superfície total de la pantalla de pilons com si es tractés d'una pantalla contínua.
- 12 Per a separacions entre eixos de pilons superiors a 3 vegades el diàmetre del piló, l'empenta passiva es calcula sobre la superfície projectada de cada piló. Per a profunditats superiors a 1,5 vegades el diàmetre del piló s'han de considerar valors de l'empenta passiva sobre la superfície esmentada, triples als definits anteriorment.

#### 6.2.4 Càlcul del coeficient d'empenta en repòs $K_0$

- 1 La seva determinació és difícil perquè depèn dels esforços tectònics als quals hagi estat sotmès el terreny en la seva història geològica, del grau de consolidació i de la compacitat assolida pel terreny naturalment o artificialment. A falta d'una valoració basada en l'experiència local, assajos in situ, informació geològica o altres, es pot estimar amb els criteris següents:

- a) Per a una superfície de terreny horitzontal, el coeficient  $K_0$  d'empenta en repòs, que expressa la relació entre les tensions efectives horitzontal i vertical (és a dir, el pes de les terres), es pot determinar mitjançant:

$$K_0 = (1 - \sin \phi') \cdot (R_{oc})^{1/2} \quad (6.9)$$

on:

$\phi'$  és l'angle de fricció intern efectiu del terreny

$R_{oc}$  és la raó de sobreconsolidació definida a l'annex A d'aquest DB. La fórmula no s'hauria d'utilitzar per a valors extremament alts de  $R_{oc}$ , superiors a 25-30.

- b) Si el terreny s'eleva a partir del mur amb un angle  $i \leq \phi'$  respecte a l'horitzontal, la component horitzontal de l'empenta de terres efectiva  $o'_{ho}$  es pot relacionar amb la tensió efectiva deguda al pes per la relació  $K_{oi}$ , que és igual a:

$$K_{oi} = K_0 \cdot (1 - \sin i) \quad (6.10)$$

La direcció de l'empenta de terres es pot suposar, llavors, paral·lela a la superfície del terreny.

#### 6.2.5 Empentes del terreny sobre l'element de contenció

- 1 Per calcular les empentes del terreny sobre un element de contenció o viceversa es pot suposar la llei d'empentes unitàries següent:

$$\sigma_h = K \cdot \sigma'_z + u_z \quad (6.11)$$

on:

$\sigma_h$  és la tensió horitzontal total a la profunditat considerada

$K$  és el coeficient d'empenta corresponent

$\sigma'_z$  és la tensió efectiva vertical a la profunditat considerada

$u_z$  és la pressió intersticial a la profunditat considerada.

- 2 Si hi ha una sobrecàrrega uniforme  $q$  sobre el terreny, aquesta es pot substituir per una altura de terres equivalent  $H_e$ :

$$H_e = \frac{q}{\gamma} \quad (6.12)$$

on:

$\gamma$  és el pes específic aparent de les terres.

- 3 En aquest cas les empentes unitàries sobre el mur s'incrementen, en tota l'altura, en:

$$\sigma_h = K \cdot \gamma H_e \quad (6.13)$$

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 4 Si el terreny d'extradós està estratificat, cada estrat es pot transformar en una sobrecàrrega per al subjacent, i s'ha de deduir la llei d'empentes en forma acumulativa.
- 5 Si l'extradós de l'element de contenció és trencat, la llei d'empentes s'obté aplicant per a cada tram el coeficient ( $K$ ) corresponent a la seva inclinació.
- 6 Quan la superfície del terreny sigui irregular, l'empenta resultant sobre l'element de contenció es determina temptejant diverses superfícies de trencament.
- 7 En el plantejament d'un element de contenció s'han de tenir en compte, tant els condicionants geotècnics com els relacionats amb la seva funcionalitat, que entre altres serien:
  - a) geometria i deformabilitat de l'element de contenció;
  - b) característiques geotècniques i història tensional de sòl retingut;
  - c) compactació requerida, si s'escau, per al rebliment;
  - d) terreny de fonamentació;
  - e) moviments admissibles al cap i el peu de l'element, així com al terreny situat a l'entorn;
  - f) situació del nivell freàtic i afecció de l'element de contenció i del sistema de drenatge al nivell freàtic de l'entorn;
  - g) espai disponible per a la construcció;
  - h) ús i durabilitat.
- 8 En la valoració dels paràmetres de càlcul i l'avaluació de les empentes sobre els elements de contenció s'han de considerar els punts següents:
  - a) en valorar les empentes s'ha de tenir en compte l'estabilitat en el temps dels materials existents a l'extradós. En aquest sentit, els materials deficientment compactats o els cicles d'humiditat-sequedat deguts a un sistema de drenatge inadequat poden provocar una evolució en el temps de l'estat tensional i unes deformacions diferides que probablement no puguin ser seguides per l'element de contenció, fet que donaria lloc a empentes superiors a les corresponents a l'estat actiu;
  - b) a la figura 6.5 es recull un esquema de relació entre empenta del terreny i els moviments necessaris per al seu desenvolupament. És important ressaltar els importants moviments necessaris perquè es desenvolupi l'empenta passiva.

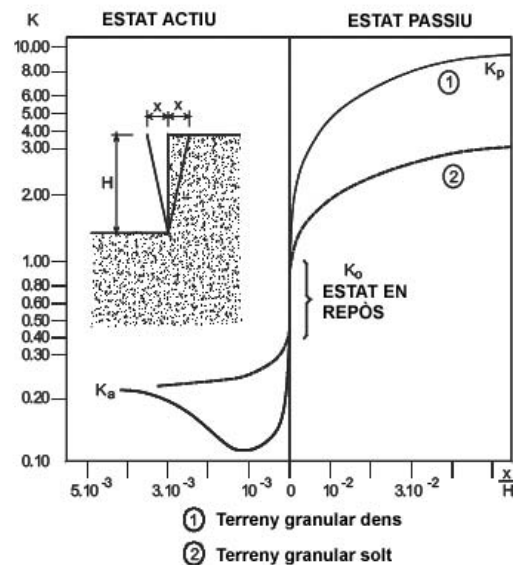


Figura 6.5. Relació entre empenta del terreny i els moviments necessaris per al seu desenvolupament

- c) a la taula 6.2 es recull una estimació dels valors de rotació de la pantalla necessaris per desenvolupar les condicions de trencament per a diferents tipus de terreny:

## Document bàsic SE-C Fonaments

Taula 6.2. Rotació necessària per a assolir estats de plastificació

Tipus de sòl i compactat o consistència	Rotació x/H	
	Estat actiu	Estat passiu
Granular dens	$10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Granular solt	$4 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Cohesiú dur	$10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Cohesiú tou	$2 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$

- d) el valor considerat per a l'empenta de terres en l'anàlisi d'estats límit últims és, en general, diferent del valor a considerar en l'anàlisi d'estats límit de servei en què no es considera el trencament del terreny;
- e) la construcció d'elements de contenció prop d'edificacions requereix limitar els moviments associats a aquests. En limitar els moviments horitzontals dels elements de contenció, s'ha de considerar un increment en les empentes del terreny a causa que no es permet que aquest desenvolupi completament la seva capacitat resistent.
- f) s'ha d'evitar l'ús de sòls argilosos o llimosos en el reblliment d'extradós d'elements de contenció. En cas que sigui necessari usar-los, s'ha de considerar en el càlcul un coeficient d'empenta no inferior a 1;
- g) la compactació del material de l'extradós de l'element de contenció s'ha de fer amb precaució, utilitzant mitjans lleugers. Una compactació intensa del terreny existent a la falca activa podria provocar un increment substancial de l'empenta. Quan s'utilitzin equips lleugers per obtenir densitats de fins al 95% de la màxima Proctor normal, es poden emprar els criteris definits en aquest capítol per a la determinació de les empentes. Quan s'utilitzin equips pesants o es considerin densitats de compactació superiors al 95% de la màxima Proctor normal, el càlcul de l'element de contenció s'ha d'efectuar utilitzant una empenta no inferior a l'empenta al repòs;
- h) si el terreny a contenir es troba confinat entre dos elements sensiblement paral·lels, l'empenta de cada element es pot reduir, considerat l'efecte sítya, a partir de la fricció parament-material de reblliment i la geometria i rigidesa lateral dels elements de contenció.
- i) en elements de contenció en què el reblliment d'extradós s'efectua amb els forjats ja construïts, els moviments poden ser tan petits que no permetin assolir les condicions d'empenta activa. En aquestes condicions es pot considerar la distribució d'empentes corresponent a l'empenta al repòs o bé considerar la distribució d'empentes definida per a estructures de contenció apuntalades a la figura 6.6;
- j) en cas de considerar la cohesió en els càlculs d'empentes sobre els elements de contenció, el seu valor característic s'ha de definir de manera específica per a aquest tipus d'estudi, considerant la dispersió i fiabilitat de la informació disponible, la seva estabilitat en el temps, la possible presència de fissures en el terreny i la sensibilitat de l'estudi al valor esmentat;
- k) per a obres de caràcter permanent el comportament a llarg termini dels elements de contenció s'ha d'estudiar en tensions efectives. Per a obres de caràcter provisional en sòls argilosos, el càlcul es pot fer a partir de la resistència al tall no drenada;
- l) per a la valoració d'empentes estabilitzadores a la sotavolta de l'element de contenció, és important garantir la permanència i estabilitat en el temps dels materials considerats així com el moviment necessari per desenvolupar l'estat tensional previst. En aquest sentit s'ha de preveure la possibilitat de l'execució d'excavacions futures al costat del peu de l'element de contenció per a l'estesa de serveis o futurs buidatges segons el que es defineix a l'apartat 6.2.2;
- m) igualment, s'han de considerar els importants moviments necessaris per al desenvolupament de l'empenta passiva, en general incompatibles amb les condicions de seguretat i funcionalitat de l'element de contenció.
- 9 En l'anàlisi d'estats límit últims per mètodes d'equilibri límit s'han de considerar els criteris següents:
- a) s'ha de considerar l'empenta activa en l'extradós excepte per als casos en què, a causa de la rigidesa de l'element de contenció, les restriccions imposades a la seva deformació (ancoratges, apuntalaments, forjats o altres), o pel procés de posada en obra del reblliment o sensibilitat a les deformacions d'edificacions o serveis situats a les proximitats del coronament de l'element de contenció, no es puguin produir els moviments mínims necessaris per mobilitzar-lo;
- b) si hi ha fonamentacions d'edificis o serveis sensibles als moviments, situats a poca profunditat, a una distància del coronament de l'element de contenció inferior a la meitat de la seva altura,

s'ha de considerar l'empenta en repòs,  $K_0$ , en el dimensionament de l'element de contenció per procediments d'equilibri límit. Si la distància està compresa entre la meitat de l'altura i l'altura de l'element de contenció, s'ha de considerar almenys un coeficient  $K = (K_0 + K_A)/2$ .

Aquests valors es poden modificar si s'efectua un estudi de detall per al càlcul dels moviments;

- c) en qualsevol cas, la pressió de terres considerada sobre l'element de contenció no ha de ser inferior a 0,25 vegades la tensió efectiva vertical;
- d) l'empenta passiva està afectat per un coeficient de seguretat  $\gamma_E$  no superior a 0,6;
- e) per al càlcul d'elements de contenció apuntalats en sorra mitjançant mètodes d'equilibri límit, s'ha d'utilitzar el diagrama rectangular semiempíric de la figura 6.6a. A aquestes empentes s'han d'afegir les degudes a les pressions intersticials. Per a profunditats superiors a 12 m s'ha de comprovar que el diagrama esmentat és aplicable.

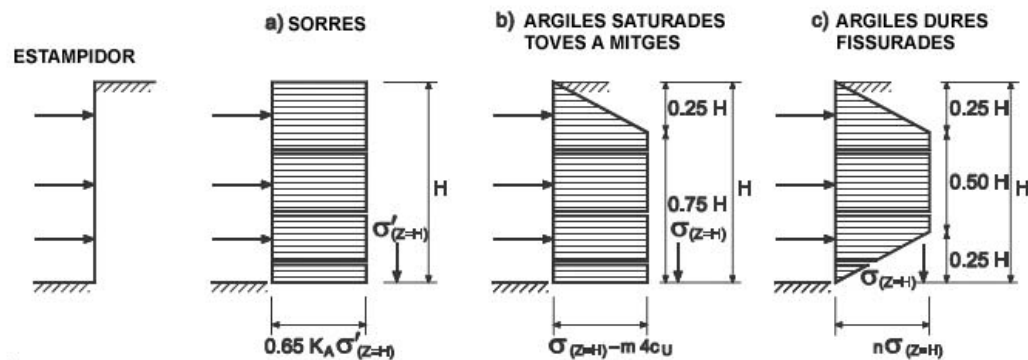


Figura 6.6. Diagrames d'envoltants d'empentes aparents per a elements de contenció apuntalats

- f) per a elements de contenció apuntalats en argiles saturades toves a mitges (resistència al tall no drenat inferior a 0,05 MPa) mitjançant mètodes d'equilibri límit, s'ha d'utilitzar el diagrama de la figura 6.6b. Aquest diagrama correspon a tensions totals, però s'ha de comprovar que en cap punt la tensió total no sigui inferior a la pressió intersticial. Si sota el fons de l'excavació hi ha un gruix important d'argiles de consistència tova a mitjana es pot considerar  $m = 0,4$ . Si hi ha una capa més resistent a l'entorn del fons de l'excavació, es pot utilitzar  $m = 1,0$ ;
  - g) per a elements de contenció apuntalats en argiles fissurades de rígides a dures (resistència al tall no drenat superior a 0,05 MPa) mitjançant mètodes d'equilibri límit, s'ha d'utilitzar el diagrama rectangular de la figura 6.6c. En condicions normals s'han de considerar valors de  $n$  compresos entre 0,2 i 0,4 en funció del tipus d'argila, el seu grau de fractura o fissuració, la possible evolució de la seva resistència amb el temps, la rigidesa dels elements de travada i el període de temps previst per a l'apuntalament. Les empentes estan definides en relació amb la tensió vertical total,  $\sigma(Z=H)$ , però el mètode no està plantejat en tensions totals. Si hi ha el risc que les fissures de l'argila estiguin plenes d'aigua, s'ha de considerar addicionalment l'empenta de l'aigua intersticial.
- 10 Les anàlisis d'estats límit que considerin la interacció terreny-estructura s'han d'efectuar, llevat de justificació en contra, considerant l'empenta al repòs en la situació inicial, abans del començament de l'excavació.
  - 11 Sempre que sigui possible s'ha d'evitar l'ús de rebliments cohesius a l'extradós d'elements de contenció.
  - 12 Amb relació a les accions sísmiques, s'ha de tenir en compte la Norma de construcció sismoresistent NCSE vigent, d'acord amb la sismicitat de cada zona.

### 6.2.6 Empentes degudes a l'aigua

- 1 Amb relació a les empentes degudes a l'aigua s'han de considerar dos casos principals:

- a) estat hidrostàtic;
  - b) aigua en circulació.
- 2 Llevat de justificació en contra els càlculs s'han d'efectuar pel mètode de les pressions efectives. En cas que hi hagi una capa freàtica en repòs a l'extradós de l'element de contenció, s'ha de considerar l'empenta deguda al terreny submergit, totalment o parcialment, i l'empenta hidrostàtica de l'aigua.
  - 3 A la figura 6.7 s'il·lustren els diagrames de pressions del terreny,  $P_s$ , i de l'aigua,  $P_w$ , corresponents a diversos exemples, amb superfície del terreny horitzontal.

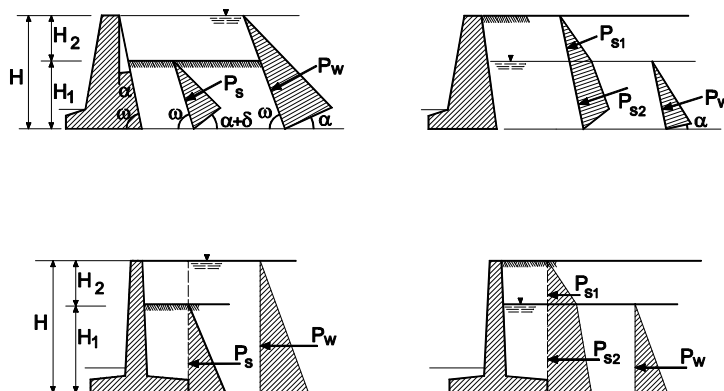


Figura 6.7. Empentes amb aigua a l'extradós i superfície del terreny horitzontal

- 4 En cas que hi hagi aigua en circulació, s'ha de determinar la xarxa de corrent o filtració corresponent a les condicions de contorn, a l'element de contenció i al terreny. Per a això es poden utilitzar mètodes analítics, gràfics o analògics.
- 5 En aquests casos les pressions sobre l'element de contenció s'han de deduir de la xarxa de corrent, de la mateixa manera que les pressions d'aigua que actüin sobre les falques lliscants a temptejar per obtenir la superfície d'esllavissament crítica.
- 6 Per determinar la xarxa de corrent s'ha de fer una estimació curosa de la permeabilitat, introduint les correccions oportunes per anisotropia, estratificació, etc. (vegeu la taula D.28).
- 7 D'acord amb les condicions de l'emplaçament de l'element de contenció, s'han d'estudiar els casos següents:
  - a) filtració cap al sistema de drenatge de la capa freàtica existent al terreny;
  - b) infiltració vertical de l'aigua de pluja.
- 8 Quan al nivell de la base de l'element de contenció no hi hagi un estrat impermeable i sigui possible la filtració sota l'element de contenció, s'ha de calcular la força de subpressió corresponent a partir de la xarxa de filtració.

### 6.2.7 Empentes degudes a sobrecàrregues

- 1 Quan la magnitud de les sobrecàrregues és reduïda en comparació amb l'empenta total sobre l'element de contenció (sobrecàrrega inferior al 30% de l'empenta total), l'obtenció de les empentes degudes a aquestes es pot efectuar mitjançant la teoria de l'elasticitat. S'admet la validesa del principi de superposició. Si l'element de contenció es considera fix, la tensió horitzontal determinada per procediments elàstics s'ha de duplicar.
- 2 En casos de sobrecàrregues moderades, habituals d'edificació, com a simplificació es poden adoptar els criteris de la figura 6.8 superposant les empentes degudes al terreny i les degudes a la sobrecàrrega.



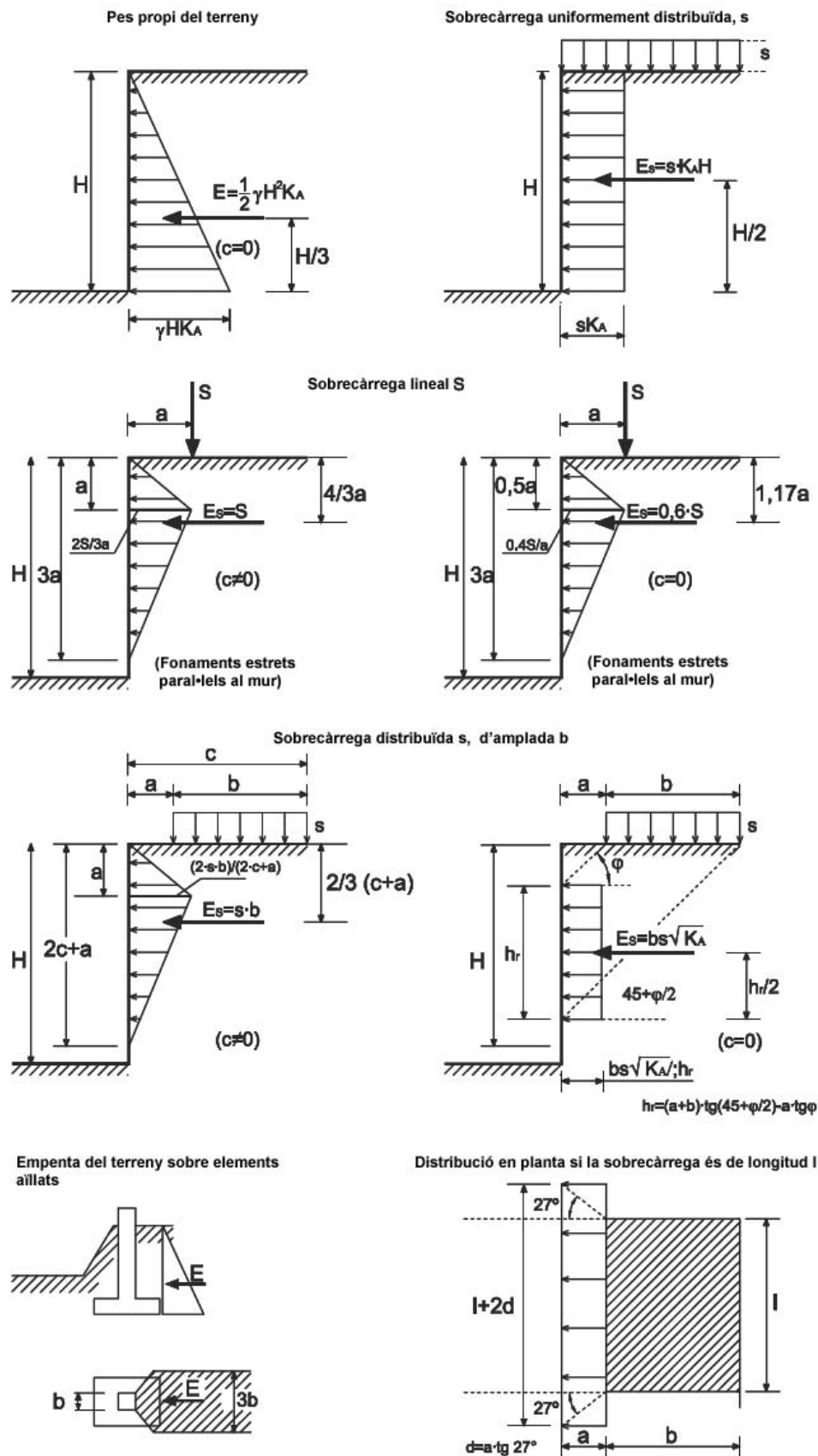


Figura 6.8. Criteris simplificats per a diagrames d'empentes degudes a sobrecàrregues

- 3 Per a sobrecàrregues elevades s'han d'utilitzar mètodes d'anàlisi basats en la definició de superfícies de trencament o mètodes numèrics que considerin el comportament no lineal del problema.

### 6.3 Anàlisi i dimensionament

- 1 Les comprovacions necessàries per verificar que una estructura de contenció compleix els requisits necessaris es basen en el mètode dels estats límit tal com s'indica a l'apartat 2.2.

#### 6.3.1 Estats límit

##### 6.3.1.1 Estats límit últims

- 1 En els elements de contenció s'han de considerar almenys els estats límit següents:
  - a) estabilitat;
  - b) capacitat estructural;
  - c) fallada combinada del terreny i de l'element estructural.
- 2 El càlcul dels estats límit últims ha de comprovar que s'assoleixen les condicions d'estabilitat i resistència, expressions (2.1) i (2.2), utilitzant el valor de càlcul de les accions o de l'efecte de les accions i les resistències de càlcul, amb els coeficients de seguretat parcials definits a la taula 2.1.
- 3 Per a l'obtenció dels valors de càlcul de la resistència del terreny s'han de considerar els valors característics superior o inferior, en funció de si és desfavorable o favorable l'increment de resistència, segons el que es defineix al DB-ES.
- 4 Es recomana utilitzar mètodes de càlcul que prenguin en consideració la interacció sòl-estructura.
- 5 En sòls amb un percentatge de fins superior al 35%, s'han d'efectuar els estudis en condicions no drenades i drenades.

##### 6.3.1.2 Estats límit de servei

- 1 En els elements de contenció s'han de considerar almenys els estats límit següents:
  - a) moviments o deformacions de l'estructura de contenció o dels seus elements de subjecció que puguin causar el col·lapse o afectar l'aparença o l'ús eficient de l'estructura, de les estructures properes o dels serveis properes;
  - b) infiltració d'aigua no admissible a través o per sota de l'element de contenció;
  - c) afecció a la situació de l'aigua freàtica en l'entorn amb repercussió sobre edificis o béns properes o sobre la mateixa obra.
- 2 Els valors de càlcul de les pressions de terres en estats límit de servei s'obtenen considerant valors característics de tots els paràmetres del sòl.
- 3 En cada cas s'han de considerar els valors característics de les accions permanents o variables o efectes de les accions permanents o variables que sol·licitin l'element de contenció.
- 4 El valor de càlcul de les empentes de terres s'ha d'avaluar prenent en consideració l'estat inicial de tensions, la resistència i deformabilitat del sòl i la deformabilitat dels elements estructurals.
- 5 S'ha de comprovar que els desplaçaments estimats no superen els desplaçaments admissibles.
- 6 Els desplaçaments i deformacions admissibles dels elements de contenció i el terreny i les estructures properes de nova execució, corresponents a la mateixa obra, s'han d'establir amb els criteris que es defineixen al capítol 2.
- 7 Els desplaçaments admissibles de les estructures o serveis properes aliens a l'obra s'han de definir en funció de les seves característiques i estat, i en el projecte s'han de preveure les mesures a adoptar en cas que se superin aquests valors.
- 8 S'ha d'efectuar una estimació conservadora de les deformacions i desplaçaments dels elements de contenció i del seu efecte en estructures i serveis properes. Si els càlculs inicials indiquen que no es compleix la condició anterior.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 9 S'ha d'analitzar si les accions variables, com ara les vibracions provocades pel procés d'execució o les càrregues de trànsit, poden afectar els moviments de l'element de contenció o estructures o serveis pròxims.
- 10 S'ha d'efectuar un estudi més detallat, incloent-hi càlculs de moviments, en els casos següents:
  - a) quan hi hagi obres o serveis pròxims especialment sensibles als moviments;
  - b) quan no hi hagi experiència en obres similars.
- 11 Aquests càlculs han de prendre en consideració el procés d'execució de l'obra.
- 12 La caracterització dels materials en els càlculs tensodeformacionals s'ha d'ajustar a partir d'experiències comparables amb el mateix model de càlcul. La deformabilitat adoptada per als materials s'ha d'avaluar prenent en consideració el seu nivell de deformació.

## 6.3.2 Pantalles

### 6.3.2.1 Criteris bàsics

- 1 En el cas que hi hagi obres o edificacions prop dels límits de l'excavació que es puguin veure afectades per l'obertura d'aquesta, o que puguin implicar càrregues sobre les pantalles o murs, s'han d'obtenir les dades sobre el tipus d'estructura, naturalesa de la fonamentació, nivells de fonamentació, càrregues transmeses al terreny, distàncies a les vores de l'excavació, estat de l'edificació, etc., suficients per poder analitzar els possibles efectes que l'execució de la pantalla o l'obertura de l'excavació puguin produir sobre aquestes edificacions o viceversa. S'ha de prestar una atenció especial a les parets mitgeres.
- 2 En aquest cas la flexibilitat de la pantalla pot ser un factor de màxima importància. Les estructures d'edificació són, generalment, tan sensibles, o més, als moviments diferencials en sentit horitzontal dels fonaments, que als assentaments diferencials. Es tracta d'impedir-los o minimitzar-los tots dos, per a la qual cosa s'han d'elegir tipus de pantalles relativament rígides i, sobretot, no deixar grans altures en voladís, que llevat de justificació en contra, han de ser inferiors a 5 m. S'han de disposar elements de subjecció al cap de la pantalla que siguin molt poc susceptibles d'allargament o deformació.
- 3 La necessitat de disposar elements de subjecció és determinada per l'estabilitat general de l'excavació, l'estabilitat pròpia de la pantalla, la magnitud dels seus esforços i la presència d'altres edificacions a les proximitats.
- 4 En general, és convenient disposar elements de subjecció quan la profunditat de l'excavació sigui superior als 3 o 4 m (en cas de més d'un soterrani), i en ocasions per raó de l'estabilitat de les estructures veïnes.
- 5 L'elecció del tipus de subjecció, si es necessita, depèn, fonamentalment, de consideracions econòmiques, de les possibilitats d'utilitzar un o altre i la seva influència en l'execució de l'excavació o de l'edificació. Els procediments de subjecció més usuals són:
  - a) apuntament al fons de l'excavació;
  - b) apuntament recíproc contra altres pantalles que limiten la mateixa excavació;
  - c) apuntament contra els forjats del mateix edifici;
  - d) ancoratges al terreny;
  - e) ancoratges a altres estructures de contenció paral·leles, com pantalles, murs, etc.
- 6 Si hi ha la possibilitat d'inestabilitat general de la pantalla o de l'excavació, per esllavissament al llarg d'una superfície profunda, la investigació sobre els tipus de terrenys i la seva disposició estratigràfica ha de ser tan àmplia com sigui necessari, per caracteritzar el problema.
- 7 Si l'excavació s'ha de realitzar per sota del nivell freàtic, el coneixement del terreny en profunditat ha de ser tal que permeti l'estudi de la xarxa de filtració, amb el grau de precisió suficient per determinar la seguretat enfront del sifonament i l'estimació de cabals.
- 8 En cas que part de l'excavació s'hagi de realitzar en terrenys saturats, s'ha de determinar la situació exacta del nivell freàtic o dels nivells piezomètrics en els diferents estrats travessats i la seva evolució en el temps, bé sigui per variacions naturals o per l'efecte que pugui produir la mateixa excavació o altres obres que s'executin a les proximitats.
- 9 Per poder establir la possibilitat d'execució d'una pantalla és necessari assegurar-se prèviament que al terreny no hi ha obstacles que hagin de ser travessats per aquesta, com ara:

## Document bàsic SE-C Fonaments

clavegueres, col·lectors, galeries de servei, conduccions elèctriques, telefòniques o de distribució de gas, pous, antigues fonamentacions, etc. En cas que hi hagi algun d'aquests obstacles se n'ha de definir la localització exacta, a fi que el director d'obra prengui les mesures oportunes en el projecte o durant l'execució.

- 10 Si l'excavació s'ha de realitzar en part per sota del nivell freàtic, queden descartats els tipus de pantalla que no garanteixin un grau d'estanquitat adequat.
- 11 Les vibracions produïdes pel clavament de palplanxes, sobretot en terrenys sense cohesió, poden afectar greument les obres pròximes, bé perquè aquestes siguin molt susceptibles a les vibracions, bé perquè es compacti el terreny i es produeixin assentaments.
- 12 S'han de tenir en compte igualment les vibracions originades per la caiguda lliure de les eines d'obertura de rases per a l'execució de pantalles contínues, especialment quan es treballi sense llots.

### 6.3.2.2 Estabilitat

- 1 La comprovació de l'estabilitat d'una pantalla de contenció s'ha de fer, segons els criteris definits a l'apartat 6.3.1, en la situació pèssima per a totes i cadascuna de les fases de l'excavació o de la construcció de l'edifici, llevat que l'estabilitat en una determinada fase impliqui necessàriament l'estabilitat en altres amb un grau de seguretat més alt; en aquest cas es pot prescindir de les comprovacions corresponents a aquestes.
- 2 Els càlculs d'estabilitat a cada fase han de verificar almenys els estats límit següents:
  - a) estabilitat global;
  - b) estabilitat del fons de l'excavació;
  - c) estabilitat pròpia de la pantalla;
  - d) estabilitat dels elements de subjecció;
  - e) estabilitat en les edificacions pròximes;
  - f) estabilitat de les rases, en el cas de pantalles de formigó armat.
- 3 L'estabilitat s'ha de verificar bé per a cada pantalla separatament o bé per al conjunt de pantalles de l'edifici.

#### 6.3.2.2.1 Estabilitat global i fallada combinada del terreny i de l'element estructural

- 1 El conjunt de l'estructura i la pantalla poden fallar mitjançant un mecanisme de trencament encara més profund que la pantalla, o que, tot i no ser tan profund, pugui tallar-la.
- 2 S'ha de comprovar que la seguretat a l'esllavissament al llarg de la superfície pèssima possible, que inclogui en la massa lliscant la pantalla completa i els seus elements de subjecció, no és inferior a l'establert.
- 3 Les accions dels elements de subjecció de la pantalla que quedin inclosos completament en les superfícies de trencament no s'han de considerar.
- 4 A la figura 6.9 s'esquematitzen algunes de les possibles formes de trencament, per esllavissament profund.

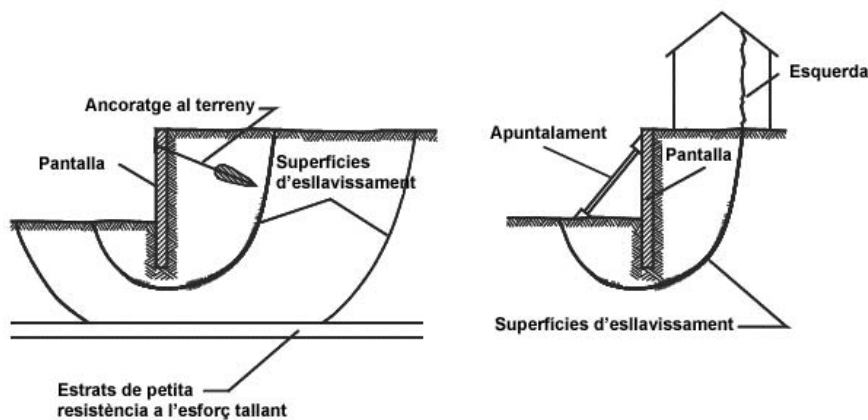


Figura 6.9. Formes de trencament per esllavissament profund

- 5 També s'han de comprovar els mecanismes de trencament al llarg de superfícies d'esllavissament que tallin els elements d'ancoratge o que no incloguin completament en la massa lliscant els sistemes d'apuntalament. A la figura 6.10 s'indiquen esquemàticament algunes d'aquestes possibles formes de trencament.
- 6 En aquests casos es compta amb les forces dels ancoratges o dels apuntalaments, amb el seu valor de treball sense afectar cap coeficient de seguretat, com a forces exteriors. A més, pot ser necessari, com en el cas d'ancoratges tallats per la superfície lliscant, tenir en compte les tensions provocades pels ancoratges sobre la pantalla.

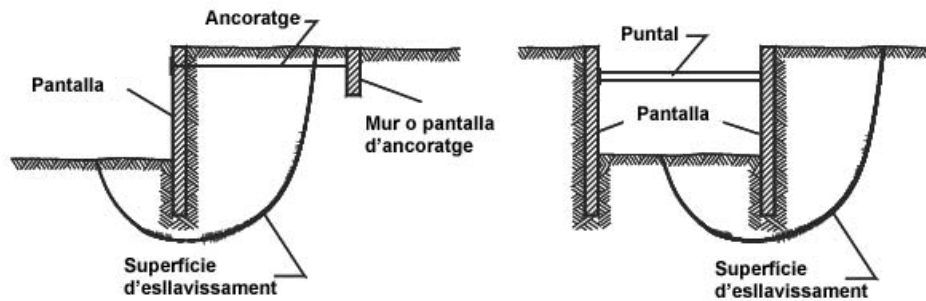


Figura 6.10. Exemples d'esllavissades profundes que intercepten elements de subjecció

#### 6.3.2.2 Estabilitat del fons de l'excavació

- 1 En sòls cohesius es pot produir el trencament del fons de l'excavació deguda al descens de la tensió vertical per efecte de l'excavació (vegeu la figura 6.11). Així mateix, en sòls molt preconsolidats, la tensió efectiva horitzontal sota el fons de l'excavació es redueix en menor proporció que la vertical i es poden assolir estats de plastificació.
- 2 S'ha de comprovar la seguretat respecte a un aixecament del fons de l'excavació per esgotament de la resistència a l'esforç tallant per efecte de les pressions verticals del terreny.
- 3 S'ha de prestar una especial atenció a possibles fenòmens de sifonament, subpressió o erosió interna.

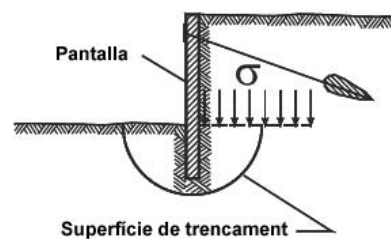


Figura 6.11. Estabilitat del fons de l'excavació

- 4 Llevat que s'efectuï una anàlisi específica, la comprovació de l'estabilitat s'ha d'efectuar considerant el terreny situat sobre el nivell final d'excavació com una sobrecàrrega i negligint la seva resistència, així com la resistència de la pantalla sota el fons de l'excavació.
- 5 La seguretat enfront d'aquest tipus de trencament, en sòls coherents, es pot avaluar mitjançant l'expressió següent:

$$\sigma \leq N_{cb} \cdot \frac{c_u}{\gamma_M} \quad (6.14)$$

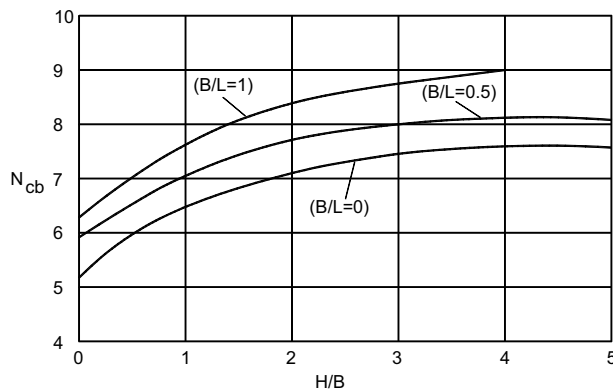
on:

$\sigma$  és la tensió vertical total a nivell del fons de l'excavació.

$c_u$  és la resistència al tall sense drenatge del terreny que hi ha sota el fons de l'excavació i

$N_{cb}$  és un factor de capacitat de càrrega que es defineix a la figura 6.12 en funció de l'amplada, B, la longitud, L, i la profunditat, H, de l'excavació.

$\gamma_M$  en situacions persistents o transitòries, és 2,0 si no hi ha edificis o serveis sensibles als moviments a les proximitats de la pantalla, i 2,5 en cas contrari.



**Figura 6.12. Factor de capacitat de càrrega per a anàlisi d'estabilitat del fons de l'excavació**

- 6 Quan es tracti d'excavacions superiors a 6 m, s'ha de tenir en compte l'aixecament del fons per efecte de la descàrrega del terreny excavat. Per a això es poden utilitzar mètodes elàstics o plàstics a través dels paràmetres deduïts d'assajos de consolidació o placa de càrrega, en cicles de càrrega i descàrrega.
- 7 Si l'excavació es fa en un terreny saturat i per sota del nivell freàtic, s'ha d'establir un corrent de filtració d'aigua a través del terreny que ha d'aflorar al fons de l'excavació o anar a parar als elements de drenatge i esgotament que es disposin per deixar en sec l'excavació. En aquest cas, és necessari comprovar que no es produeix cap sifonament ni arrossegament del material.
- 8 La seguretat enfront del sifonament s'estudia minorant el gradient crític del terreny,  $i_{cr}$ , per un factor,  $\gamma_M = 2$ .

$$i_r \leq i_{cr} / \gamma_M \quad (6.15)$$

on:

- $i_r$  és el gradient real en sentit vertical, en un determinat punt;  
 $i_{cr}$  és el gradient que anul·la la tensió efectiva vertical en aquest punt.

### 6.3.2.2.3 Estabilitat pròpia de la pantalla

- 1 En pantalles s'han de considerar els estats límit següents:
  - a) trencament per rotació o translació de l'element de contenció o parts d'aquest;
  - b) trencament per enfonsament.
- 2 S'ha de comprovar que les empentes del terreny sobre la pantalla en el seu extradós poden ser equilibrats per les empentes del terreny sobre la part encastada de la pantalla per sota del fons de l'excavació, a la seva sotavolta, i per les reaccions dels elements de subjecció (puntals, estampidors, forjats, altres pantalles, o altres) i els ancoratges, si n'hi ha.
- 3 La comprovació d'estabilitat pròpia de la pantalla s'ha de portar a terme en les condicions de curt o llarg termini, segons quina sigui la naturalesa del terreny i la durada de la situació per a la qual es comprova l'estabilitat.
- 4 Els càlculs d'estabilitat de la pantalla es poden efectuar, segons els casos, mitjançant els mètodes següents que es desenvolupen a l'annex F:
  - a) mètodes d'equilibri límit;
  - b) mètodes basats en models del tipus Winkler;
  - c) elements finits - diferències finites.

#### 6.3.2.2.7 Estabilitat dels elements de subjecció

- 1 S'ha de comprovar que no es produeix la fallada de cada element de subjecció per a la fase d'excavació o construcció de l'edifici que doni lloc al màxim esforç sobre aquest.
- 2 S'ha de comprovar que els ancoratges no provoquen deformacions inadmissibles als edificis o serveis pròxims i que no interfereixen amb estructures o fonamentacions adjacents.
- 3 La determinació dels esforços sobre els elements de subjecció s'ha de portar a terme segons es el que es descriu a l'apartat 6.3.2.3.
- 4 Els càlculs es poden efectuar, en les fases intermèdies de l'excavació o de la construcció de l'edifici, considerant els valors representatius de les accions i els valors característics dels paràmetres del terreny.
- 5 En el cas d'apuntaments, la comprovació de la seva resistència, incloent-hi la possibilitat de vinculament, s'ha de fer a partir dels esforços que resultin del càlcul, majorats segons els criteris definits a l'apartat 6.3.2.3. Si els apuntaments transfereixen les càrregues al fons de l'excavació, és necessari comprovar l'estabilitat de la seva fonamentació. Els coeficients de seguretat a considerar en el càlcul dels ancoratges es defineixen al capítol 9 d'aquest DB.

#### 6.3.2.2.8 Estabilitat de les edificacions pròximes

- 1 Si hi ha edificis mitgers amb els límits d'una excavació feta a l'abric d'una pantalla, o en les seves proximitats, s'ha de considerar la seva existència com una sobrecàrrega en els càlculs de les empentes (vegeu 6.2.7). Així mateix, s'ha de comprovar per a cada una de les fases d'execució, tant de la pantalla en si com de l'excavació, que els moviments horitzontals i verticals a què es vegi sotmès el terreny en l'extradós, sobre el qual es trobin fonamentats els edificis mitgers o pròxims, no són prou importants per fer-ne perillar l'estabilitat o ser causa d'esquerdaments, inclinacions, etc. A l'apartat 6.3.1.2 es defineixen els criteris quant als moviments i deformacions horitzontals i verticals màxims admissibles d'edificis o serveis pròxims a elements de contenció i a l'apartat 6.3.2.3, els procediments per avaluar aquests moviments.

#### 6.3.2.2.9 Estabilitat de les rases en el cas de pantalles de formigó armat

- 1 S'ha de comprovar l'estabilitat de les rases, tant si s'utilitzen llots tixotròpics com si no se'n fa ús. És particularment important aquesta comprovació si hi ha edificacions pròximes o immediates a les rases.
- 2 Per assegurar l'estabilitat d'una excavació de planta rectangular (rasa) s'han d'utilitzar llots quan la profunditat de la rasa sigui superior a l'altura que es podria excavar amb talús vertical indefinit.

#### 6.3.2.2.10 Capacitat estructural de la pantalla

- 3 Aquest estat límit s'assoleix quan els valors de càlcul dels efectes de les accions en els elements estructurals que componen la pantalla superin el valor de càlcul de la seva capacitat resistent.
- 4 La verificació d'aquest estat límit s'ha de fer d'acord amb l'apartat 2.4.2.4. Als apartats 6.3.2.3 i 6.3.2.4 s'indiquen els criteris per al dimensionament.

#### 6.3.2.3 Esforços i deformacions

- 1 Els esforços obtinguts sobre els elements estructurals s'han de majorar considerant els coeficients  $\gamma_E$  de la taula 2.1.
- 2 Per a l'anàlisi de l'aptitud al servei de la pantalla s'ha de verificar que, per a les situacions de dimensionament, el seu comportament és dins els límits establerts en DB-ES i l'apartat 6.3.1.2 d'aquest document bàsic, quant a deformacions, vibracions i deteriorament.

#### 6.3.2.3.1 De la pantalla

- 1 Els esforços sobre una pantalla són els que resulten de les empentes del terreny i les reaccions en els elements de subjecció a què està sotmesa en cadascuna de les seves fases. Al seu torn, les empentes unitàries del terreny i les forces de subjecció són funció de la deformació de la pantalla, de la naturalesa mateixa del terreny i de les característiques força deformació dels elements de subjecció. En la seva determinació s'han de prendre en consideració el procés d'excavació, el tipus de subjecció, l'instant de la seva introducció, etc.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 2 El càlcul d'esforços es pot efectuar a partir de les lleis d'empentes unitàries definides a l'apartat 6.2, utilitzades en les comprovacions d'estabilitat per mètodes d'equilibri límit i de les reaccions dels elements de subjecció deduïdes en aquestes comprovacions. Amb aquest procediment només es tenen en compte de forma qualitativa la rigidesa de la pantalla amb relació al seu encastament en el terreny i a les condicions de subjecció i de cap manera les propietats de deformació del terreny.
- 3 La determinació dels esforços sobre la pantalla s'ha de portar a terme per a totes les fases d'execució de l'excavació o de l'edifici, que impliquin una variació de les empentes del terreny o de les forces de subjecció. Es poden ometre les fases en què es pugui demostrar "a priori" que els esforços són inferiors als que es produiran en altres.
- 4 S'ha d'efectuar un estudi més detallat utilitzant models basats en el coeficient de balast o models d'elements finits o diferències finites en els casos següents:
  - a) quan hi hagi edificis o serveis pròxims especialment sensibles als moviments;
  - b) quan no hi hagi experiència en obres similars.
- 5 Aquests mètodes es descriuen a l'apartat 6.3.2.2.3 i es desenvolupen a l'annex F.

**6.3.2.3.2 Del terreny**

- 1 Si hi ha alguna edificació o servei pròxim a la vora de l'excavació o als voltants, s'han d'estimar els moviments verticals i horitzontals a què es veurà sotmesa la seva fonamentació en les diferents fases d'excavació, per a la pantalla dissenyada, i considerar si comporten perill per a l'estabilitat de les edificacions esmentades o poden ser causa d'esquerdaments, inclinacions, assentaments importants, etc.
- 2 La determinació de les deformacions del terreny pot conduir a projectar una pantalla més rígida, amb un nombre més alt d'elements de subjecció o millor disposats, amb un altre sistema o altres fases d'execució, etc.
- 3 La determinació de les deformacions del terreny es pot efectuar aplicant mètodes de discretització del continu, com a elements finits o diferències finites, en què es tinguin en compte les característiques tensió-deformació dels sòls i la flexibilitat de la pantalla, o bé mètodes basats en el model de Winkler, en què la determinació dels moviments del terreny es limita als de la pantalla.

**6.3.2.3.3 Dels elements de subjecció**

- 1 Els esforços sobre els elements de subjecció s'han de determinar per a totes les fases d'execució de l'excavació en què intervinguin; es pot ometre el càlcul en les fases per a les quals es pugui demostrar a priori que els esforços són inferiors als que resulten en altres.
- 2 En la determinació dels esforços sobre els elements de subjecció s'han de prendre en consideració els aspectes següents:
  - a) tipus d'element de subjecció, bé sigui apuntalament, ancoratge o elements estructurals de l'edifici;
  - b) deformabilitat d'aquest;
  - c) deformacions diferides (fluència, retracció);
  - d) estat tensional inicial;
  - e) fases d'execució;
  - f) variacions tèrmiques.
- 3 Per tenir en compte la possible fallada d'algun element (com ara per un estovament local del terreny en el cas d'ancoratges), que sobrecarregarà els més pròxims, s'ha d'augmentar en un 10% l'esforç deduït per a cada element de subjecció en les comprovacions d'estabilitat de la pantalla.

**6.3.2.4 Dimensionament**

- 1 En la fase de disseny es decideix el tipus de pantalla que s'utilitzarà, si es disposaran elements de subjecció, el seu nombre, tipus i situació i les fases de l'excavació i execució de l'edifici que puguin afectar la pantalla.
- 2 El dimensionament s'ha de referir als aspectes següents:
  - a) profunditat de la pantalla;



- b) dimensions i característiques de la seva secció transversal;
  - c) elements de subjecció.
- 3 Els coeficients parcials de seguretat a utilitzar per al dimensionament de la pantalla es recullen a la taula 2.1.

#### 6.3.2.4.1 Profunditat de la pantalla

- 1 La profunditat de la pantalla per sota del fons de l'excavació s'ha de determinar de manera que es compleixin les condicions d'estabilitat fixades als apartats anteriors. La profunditat de la pantalla pot estar condicionada pel cabal de filtració, si s'excava sota l'aigua, o per assolir un estrat impermeable per reduir al màxim les filtracions pel fons, o per assolir un estrat resistent que permeti l'ús de la pantalla com a element portant de càrregues verticals.

#### 6.3.2.4.2 Dimensions i característiques de la secció transversal

- 1 Les característiques de la secció transversal d'una pantalla estan fixades per consideracions de resistència als esforços als quals es veurà sotmesa. De vegades pot estar condicionada per la necessitat d'una rigidesa determinada, amb la qual es limitin els moviments del terreny a l'extradós a valors tolerables.
- 2 Els esforços que s'han de prendre per al dimensionament són els que es dedueixen en les comprovacions d'estabilitat en les diferents fases de l'execució i les comprovacions dels estats límit de servei, amb els quals s'obté l'envoltant dels màxims moments flectors i esforços tallants al llarg de tota la pantalla.
- 3 En els apartats que figuren a continuació es recullen indicacions addicionals per als tipus de pantalles següents:
- a) pantalles de palplanxes;
  - b) pantalles contínues de formigó;
  - c) pantalles de pilons in situ.

##### 6.3.2.4.2.1 Pantalles de palplanxes

- 1 Palplanxes de formigó armat i pretesat:
- a) S'han de dimensionar perquè resisteixin els màxims esforços majorats durant el servei, els esforços que es puguin produir durant el clavament i els que es produeixen durant el transport, igualment majorats. La forma de comprovació de la resistència, de la secció transversal, en funció de les característiques resistents del formigó i de l'acer, és la indicada a la Instrucció EHE;
  - b) el recobriment de l'acer de les armadures ha de ser superior o igual a 3 cm en aigua dolça, i a 4 cm en aigua salada i ha de complir les condicions definides en aquest DB i en la Instrucció EHE.
- 2 Palplanxes d'acer:
- a) el perfil s'ha d'eleger de manera que amb els esforços de servei, majorats, no se superi en cap secció la tensió de límit elàstic segons la qualitat de l'acer, dividida pel coeficient de seguretat definit a la taula 2.1;
  - b) el perfil elegit ha de permetre que es pugui clavar sense que es produeixin deterioraments en qualsevol dels seus extrems;
  - c) si les palplanxes a utilitzar es poden haver usat en altres obres prèviament i ser de recuperació, s'ha d'adoptar un coeficient de seguretat addicional per tenir en compte possibles deformacions del perfil, tensions residuals, pèrdua de secció per corrosió, etc.;
  - d) si la pantalla ha de romandre en servei durant molt temps, en presència d'aigua, s'han d'adoptar mesures per evitar la corrosió. Si no es pren cap mesura en aquest sentit, el perfil no pot tenir un gruix inferior a 8 mm i s'ha de prendre en consideració la pèrdua de gruix produïda per la corrosió.

##### 6.3.2.4.2.2 Pantalles contínues de formigó

- 1 La pantalla s'ha de calcular estructuralment considerant els coeficients de seguretat definits a la taula 2.1, segons els criteris definits en aquest DB i d'acord amb la Instrucció EHE. Es pot tenir en compte el pes propi de la pantalla, a fi de disposar d'un esforç axial en la secció

## Document bàsic SE-C Fonaments

transversal que proporciona una economia d'armadures. La forma de treball ha de ser la de flexió simple o composta en plans verticals perpendiculars a la pantalla.

- 2 En pantalles contínues i de pilons in situ es recomana utilitzar, als efectes de càlcul a flexió, una resistència característica del formigó de 18 MPa per prendre en consideració les condicions de posada en obra.
- 3 Les parets de la rasa, que constitueixen l'encofrat de la pantalla, són planes amb força irregularitats. El recobriments mínim de les armadures ha de complir les condicions definides en aquest DB i en la Instrucció EHE per a peces formigonades contra el terreny.
- 4 Si el terreny és cohesiu i molt estable i si no hi ha edificacions a les proximitats, es poden excavar mòduls d'una amplada que oscil·la generalment entre un valor mínim corresponent a l'obertura de la cullera, generalment de 2,5 a 4,5 m, i un valor màxim en funció de l'estabilitat del terreny.
- 5 En les circumstàncies oposades, terrenys molt solts o pròxims a parets mitgeres en mal estat o edificacions molt susceptibles als assentaments o moviments horitzontals, la longitud dels mòduls o rases s'ha de reduir tant com es pugui.

**6.3.2.4.2.3 Pantalles de pilons in situ**

- 1 Es consideren els pilons com bigues de secció circular treballant a flexió simple o composta, si s'hi té en compte el pes propi. S'han de dimensionar estructuralment considerant els coeficients de seguretat definits a la taula 2.1, segons els criteris definits en aquest DB i d'acord amb la Instrucció EHE.
- 2 El recobriments mínim de les armadures ha de complir les condicions definides en aquest DB i en la Instrucció EHE per a peces formigonades contra el terreny.

**6.3.2.4.3 Elements de subjecció**

- 1 Per a l'apuntament contra el fons de l'excavació s'han de tenir en compte els aspectes següents:
  - a) el seu dimensionament s'ha de fer a partir dels màxims esforços deduïts de les comprovacions d'estabilitat de la pantalla, degudament majorats aplicant-hi els coeficients de seguretat parcials definits a la taula 2.1.
  - b) en general, és convenient transmetre aquests esforços al terreny per mitjà d'una sabata contínua paral·lela a la pantalla, que depèn de la capacitat portant del sòl al fons de l'excavació. Com que l'esforç que s'ha de transmetre al terreny té una component horitzontal important, s'ha de posar especial cura en la comprovació del possible esllavissament o s'han de prendre les mesures oportunes per impedir-ho.
  - c) la disposició de puntals ha de pertorbar tan poc com es pugui l'excavació, l'execució de les fonamentacions de l'edifici, els pilars, forjats, etc.
- 2 Per a l'apuntament recíproc contra altres pantalles pròximes s'han de tenir en compte els criteris següents:
  - a) en general s'ha realitzar l'apuntament per mitjà d'estampidors disposats en plans horitzontals, de manera que introdueixin la menor complicació possible en la prossecució de les successives fases d'excavació, en la construcció de les fonamentacions i estructures de l'edifici.
  - b) per al dimensionament s'han de prendre els màxims esforços deduïts de les comprovacions d'estabilitat de la pantalla, convenientment majorats amb els coeficients de seguretat definits a la taula 2.1.
  - c) en els apuntaments mitjançant els forjats de la mateixa edificació, els esforços de subjecció que es dedueixin de les comprovacions d'estabilitat de les pantalles, majorats, s'han de tenir en compte en el càlcul dels forjats. Si aquests esforços resulten favorables per als forjats, també s'ha de realitzar la comprovació de la seva resistència sense tenir en compte aquests esforços, per preveure la possibilitat que el terreny a l'extradós de la pantalla no produeixi empentes sobre aquesta.
- 3 En els ancoratges al terreny s'han de tenir en compte les indicacions següents:
  - a) s'han d'estudiar i controlar les possibles afeccions a edificis o serveis pròxims, demanant la informació necessària sobre aquests, i si s'escau, els permisos pertinents;

## Document bàsic SE-C Fonaments

- b) la seva longitud ha de ser tal que la zona de transmissió dels esforços al terreny quedi fora de la massa lliscant limitada per superfície pèssima d'esllavissament, que s'hagi deduït en les comprovacions d'estabilitat general i d'estabilitat pròpia de la pantalla;
  - c) la capacitat de transmissió d'esforços al terreny, en la longitud d'ancoratge prevista per a això, és conseqüència de l'estat tensional del sòl en contacte amb l'ancoratge;
  - d) si els ancoratges són definitius, o si són provisionals i han de romandre durant molt temps, i hi ha un perill de corrosió dels cables o rodons, s'han d'adoptar les mesures oportunes per evitar la corrosió. A aquests efectes es consideren vàlides les condicions de protecció enfront de la corrosió definides a la norma UNE-EN 1537:2001;
  - e) la comprovació de la resistència de cada ancoratge s'ha de fer a partir dels màxims esforços deduïts en les comprovacions d'estabilitat de la pantalla, multiplicats pels coeficients de seguretat corresponents.
- 4 En els ancoratges a pantalles o murs paral·lels s'han de tenir en compte els aspectes següents:
- a) la longitud d'ancoratges ha de ser tal que es garanteixi l'estabilitat de les estructures d'ancoratge. Si hi ha perill de corrosió de l'acer dels ancoratges, s'han d'adoptar barreres de protecció contrastades;
  - b) el dimensionament dels ancoratges s'ha de fer a partir dels màxims esforços deduïts en les comprovacions d'estabilitat de la pantalla, majorats amb els coeficients de seguretat que es defineixen a la taula 2.1.

### 6.3.3 Murs

#### 6.3.3.1 Criteris bàsics

##### 6.3.3.1.1 Generalitats

- 1 Per a l'anàlisi i dimensionament correctes d'un mur s'han de considerar els aspectes següents:
- a) la determinació dels paràmetres geotècnics del terreny s'ha d'efectuar tenint en compte els valors més crítics a curt i llarg termini previsibles, que es puguin presentar en la vida del mur;
  - b) és necessari especificar les característiques del material a utilitzar per al rebliment de l'extradós. Si no es fa així, el càlcul s'ha de basar en el material més desfavorable dels eventualment utilitzables;
  - c) s'han de determinar els moviments tolerables del mur, dels edificis i serveis pròxims, ja que en depenen en gran part les empentes a considerar i fins i tot el tipus de mur i elements de subjecció a utilitzar.
  - d) s'ha de comprovar que els ancoratges projectats no afecten els edificis i serveis pròxims;
  - e) el mur i cadascun dels panys ha de ser estable en totes les fases de la construcció. Aquesta condició pot exigir l'apuntament dels murs d'extradós retallat mentre no es col·loqui el rebliment;
  - f) l'estabilitat del mur es pot veure afectada per processos de soscavació, erosió o per eliminació del terreny al peu d'aquest, per la qual cosa s'han d'adoptar les mesures protectores oportunes quan sigui procedent.
- 2 En murs de contenció s'ha de tenir en compte que un dimensionament correcte del drenatge a llarg termini de l'extradós del mur sempre és més avantatjós que el càlcul del mur, prenent en consideració la totalitat de les pressions hidrostàtiques i de filtració a les quals previsiblement pugui estar sotmès. En murs de soterrani s'han de tenir en compte les consideracions sobre la impermeabilitat.
- 3 Llevat de murs d'altura molt escassa, la profunditat de suport de la fonamentació respecte a la superfície no ha de ser inferior a 0,80 m.
- 4 En preveure les característiques del material de rebliment d'extradós s'ha de tenir en compte que:
- a) si el mur ha de servir per suportar un paviment, solera o qualsevol tipus de trànsit, els assentaments han de ser admissibles;

## Document bàsic SE-C Fonaments

- b) les propietats dels sòls existents a l'emplaçament del mur poden variar notablement, si es tracta de sòls cohesius, amb les operacions d'excavació i nova col·locació a l'extradós;
- c) la permeabilitat dels materials de rebliment és d'una importància decisiva per a les possibles empentes tant per aigua freàtica com infiltrada;
- d) s'ha d'evitar l'ús de sòls argilosos o llimosos en el rebliment d'extradós de murs, especialment en terrenys expansius.

**6.3.3.1.2 Juntures**

- 1 Els murs han de disposar de juntures de dilatació per absorbir les deformacions degudes a la temperatura i, si s'escau, les de retracció.
- 2 Hi ha d'haver juntures en els canvis de secció, o quan hi hagi singularitats del mateix mur, com ara escales, rampes de càrrega, etc.
- 3 Anàlogament s'han de disposar juntures quan s'han de diferenciar entre trams contigus del mur.
- 4 La distància entre juntures de dilatació, llevat de justificació, no pot ser superior a 30 m, i es recomana una separació no superior a 3 vegades l'altura del mur.
- 5 Quan els efectes de la retracció puguin ser importants s'han d'intercalar falses juntures, i debilitar la secció del mur per predeterminar el pla de trencament. La separació entre aquestes juntures ha de ser de 8 a 12 m.
- 6 Les juntures i els productes per al rebliment d'aquestes han de complir, als efectes de la impermeabilitat, les especificacions indicades al DB-HS, secció 1.
- 7 L'obertura de les juntures de dilatació ha de ser de 2 a 4 cm, segons les variacions de temperatura previsibles.
- 8 S'ha d'evitar el pas d'armadures a través de les juntures. Quan això sigui necessari per mantenir alineacions o per circumstàncies especials, llevat de justificació en contra, totes les armadures que penetrin en una cara de la juntura s'han de projectar com a passadors lubricats i sense doblecs ni ancoratges per permetre els moviments longitudinals i convenientment protegits d'acord amb la durabilitat especificada.

**6.3.3.1.3 Drenatge**

- 1 A més de les consideracions que figuren sobre la impermeabilitat dels murs al DB-HS, secció 1, als efectes d'aquest DB, el control de les pressions originades per l'aigua en el rebliment d'extradós es pot considerar si es disposen sistemes adequats de drenatge.
- 2 S'han de considerar preferentment els sistemes de drenatge següents:
  - a) drens verticals de material granular, formigó porós, o altres que puguin ocupar tota l'altura del mur o part d'ella;
  - b) làmines drenants;
  - c) drens inclinats;
  - d) tapissos drenants horitzontals a un o diversos nivells;
  - e) drens horitzontals a través del rebliment;
  - f) drens longitudinals en la base o talús del rebliment;
  - g) esorrentius en contacte directe amb el rebliment.
- 3 En el cas de sòls expansius, rebliments susceptibles a la gelada, aigües agressives o condicions especials s'ha de fer un estudi específic detallat del sistema més convenient. En general s'han de tenir en compte les consideracions següents:
  - a) els filtres verticals són més difícils de construir que els inclinats i produeixen una reducció menor de pressions de l'aigua infiltrada o freàtica.
  - b) funcionalment el millor sistema consisteix en una falca de rebliment granular filtrant. Aquest sistema és el més senzill d'execució i s'ha de preferir als altres quan hi hagi materials adequats a la zona i el seu cost no sigui excessiu.
  - c) tots els sistemes han de tenir fàcil evacuació de l'aigua drenada, i evitar la seva acumulació a l'extradós.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- d) els escorrentius constitueixen un sistema de resultat problemàtic si no estan combinats amb algun filtre o dren interior al rebliment. Llevat de justificació, aquests han de complir les característiques següents:
- i) tenir un diàmetre o costat no inferior a 10 cm, i la seva separació horitzontal no ha de ser superior a 3 m. S'han de col·locar com més baixos millor, i disposar a més una altra filada d'escorrentius a mitja altura del mur o a 1,50 m sobre la filada inferior en paral·lel o a portell, per preveure'n l'obstrucció. Com a mínim, hi ha d'haver un escorrentiu per cada 4 m<sup>2</sup> de mur;
  - ii) quan es tracti de murs de contraforts hi ha d'haver, com a mínim, dos escorrentius per plafó entre contraforts;
  - iii) si l'única sortida de l'aigua emmagatzemada a l'extradós és a través d'escorrentius, s'han de tenir en compte les empentes degudes a una saturació parcial del rebliment;
  - iv) en la sortida dels escorrentius pel parament d'extradós s'ha de col·locar un filtre de grava grossa d'un volum aproximat 0,40 x 0,40 x 0,30 m, o el necessari per evitar l'escapament del material de rebliment i la colmatació del escorrentiu;
  - v) sempre que es pugui s'ha d'evitar la infiltració d'aigua de pluja o escorrentia per la superfície del rebliment, per a la qual cosa s'han de col·locar materials o paviments poc permeables, amb fàcil drenatge per gravetat i complementats amb les oportunes cunetes o boneres.
- 4 S'ha d'evitar el pas d'humitat per absorció capil·lar a través del mur quan el filtre sigui vertical o hi hagi un risc alt d'estancament a l'extradós.

**6.3.3.2 Estabilitat**

- 1 La comprovació de l'estabilitat d'un mur s'ha de fer, segons els criteris definits a l'apartat 6.3.1, en la situació pèssima per a totes i cadascuna de les fases de la seva construcció, i s'han de verificar almenys els estats límit següents:
- a) estabilitat global;
  - b) enfonsament;
  - c) esllavissament;
  - d) bolcada;
  - e) capacitat estructural del mur.
- 2 En el cas de murs excavats per pous de recalçar a mesura que s'executa l'excavació, s'han de verificar a més els estats límit d'estabilitat indicats a l'apartat 6.3.2.2 per a pantalles, per analogia amb aquestes.
- 3 L'estabilitat s'ha de verificar bé per a cada mur per separat o bé per al conjunt de murs de l'edifici.

**6.3.3.2.1 Estabilitat global i fallada combinada del terreny i de l'element estructural**

- 1 El conjunt del mur, inclosa la seva fonamentació, pot fallar mitjançant un mecanisme de trencament encara més profund que aquests, o que, tot i no ser tan profund, els pugui tallar.
- 2 S'ha de comprovar que la seguretat a l'esllavissament al llarg de la superfície pèssima possible, que inclogui en la massa lliscant el mur complet i els seus elements de subjecció, no és inferior al límit establert.
- 3 A la figura 6.13 es recullen alguns casos típics d'inestabilitat enfront d'un esllavissament general de murs de contenció.

## Document bàsic SE-C Fonaments

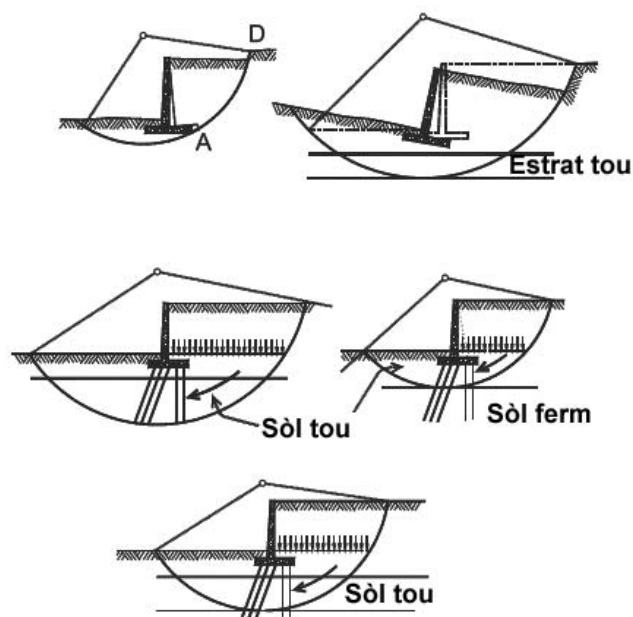


Figura 6.13. Estabilitat global

- 4 Quan la superfície lliscant travessi la fonamentació de l'edifici o la fonamentació per pilons del mateix mur, s'ha de tenir en compte el que s'exposa als capítols corresponents a aquests.

## 6.3.3.2 Enfonsament

- 1 La fonamentació o base del mur ha de tenir la mateixa seguretat enfront de l'enfonsament que una sabata de fonamentació d'una estructura, segons els criteris que es defineixen als capítols 2, 4 i 5, considerant la inclinació i excentricitat de la resultant i els coeficients de seguretat parcials definits a la taula 2.1.
- 2 A la figura 6.14 s'esquematitzen els tipus de murs més habituals i es representen el pes propi del mur i si s'escau de les terres que l'acompanyen,  $W$ , o de les càrregues transmèses a aquest,  $V$ , la resultant dels elements de travada transversal (forjat, apuntament, ancoratge),  $F$ , les empentes de terres horitzontal,  $E_h$  i vertical,  $E_v$ , i les resultants d'aquestes sol·licitacions a nivell de fonamentació,  $N$  i  $T$ . En el càlcul de  $N$  i  $T$  no s'ha de considerar l'empenta passiva.
- 3 En cas que hi hagi altres accions sobre el mur també s'han de considerar.

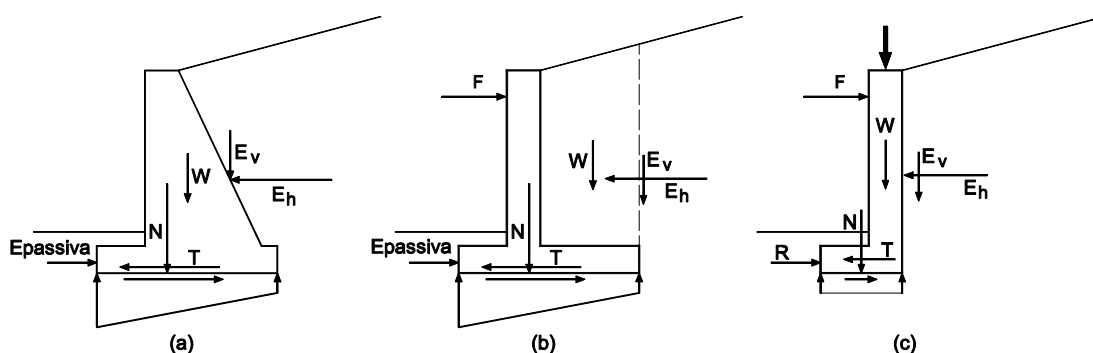


Figura 6.14. Diagrames de forces sobre murs

- 4 La distribució de pressions del mur s'ha de definir de manera que els assentaments siguin admissibles.
- 5 Quan el terreny sigui molt compressible, s'han d'evitar els assentaments diferencials de les vores de la fonamentació imposant que la resultant de forces estigui com més centrada millor.
- 6 Si la capacitat de càrrega del terreny és insuficient o els assentaments són excessius, es pot recórrer a una fonamentació profunda, una millora o reforç del terreny o una altra solució que assegurui l'estabilitat enfront de l'enfonsament.

**6.3.3.2.3 Esllavissament**

- 1 Aquest estat límit s'ha de comprovar només en els casos en què la màxima component de les empentes horitzontals sobre el mur sigui més gran del 10% de la càrrega vertical total.
- 2 En sòls granulars, la seguretat enfront de l'esllavissament per la base es pot determinar mitjançant la fórmula:

$$T \leq \frac{N}{\gamma_R} \operatorname{tg} \phi^* \quad (6.16)$$

on:

N i T són les components normal i tangencial de la resultant de les forces d'empenta, elements de travada i pes propi sobre el pla de la base (figura 6.15).

$$\phi^* = \frac{2}{3} \phi'$$

on: (6.17)

$\phi'$  és l'angle de fricció interna efectiva del terreny

- 3 Quan el sòl posseeixi cohesió i fricció:

$$T \leq (N \cdot \operatorname{tg} \phi^* + c^* \cdot B) / \gamma_R \quad (6.18)$$

$$\phi^* = \frac{2}{3} \phi' \quad (6.19)$$

on:

$c^*$  és la cohesió reduïda del sòl ( $c^* = 0,5 c'_k \leq 0,05$  MPa)

B és l'ample de la base del mur

$c'_k$  és la cohesió efectiva del terreny

- 4 Els coeficients de seguretat  $\gamma_R$  es defineixen a la taula 2.1.
- 5 No s'ha de tenir en compte l'efecte estabilitzador de l'empenta passiva, llevat de justificació especial.
- 6 Si el mur és proveït de banqueteta s'ha de considerar l'esllavissament segons les superfícies més probables (vegeu la figura 6.15).

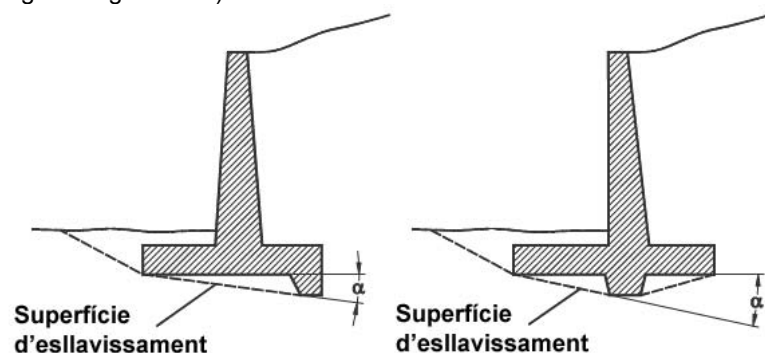


Figura 6.15. Possibles superfícies d'esllavissament en mur amb banqueteta

**6.3.3.2.4 Bolcada**

- 1 En general es pot prescindir d'aquesta comprovació quan la resultant de les forces que actuen sobre el mur, inclosos el pes propi i la resultant de possibles elements de sosteniment (ancoratges, forjats o travades intermèdies), tingui el seu punt d'aplicació dins el nucli central de la base. En el cas de bases rectangulars indefinides, el nucli central és una faixa d'amplada:  $B/3$ .
- 2 En sabates rectangulars, si V és la component vertical de la resultant sobre la base del mur i e la seva excentricitat, es pot suposar que les pressions del terreny segueixen una llei lineal, amb valors extrems (vegeu la figura 6.16):

$$\text{Si } e < \frac{B}{6}, \quad \sigma_{\text{màx}} = \frac{V}{B} \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right) \quad (6.20)$$

$$\text{Si } e = 0, \quad \sigma = \frac{V}{B} \quad (6.21)$$

$$\text{Si } e = \frac{B}{6}, \quad \sigma_{\text{màx}} = 2 \cdot \frac{V}{B} \quad \text{i} \quad \sigma_{\text{min}} = 0 \quad (6.22)$$

Si  $e > \frac{B}{6}$  es produiria el despreniment d'una de les vores, fet que augmentaria notablement la tensió en una altra vora.

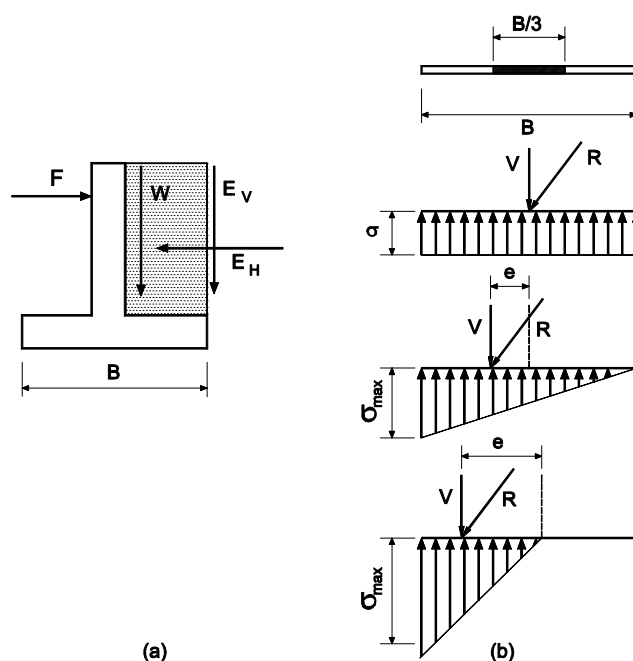


Figura 6.16. Estabilitat a la bolcada

- 3 L'estabilitat a la bolcada s'ha de verificar amb els criteris definits al capítol 2, comparant els moments de càlcul desestabilitzants i estabilitzants respecte de l'aresta exterior de la base de la sabata.
- 4 No s'ha de tenir en compte l'efecte estabilitzador de l'empenta passiva, llevat de justificació especial.

#### 6.3.3.2.4 Capacitat estructural del mur

- 1 Aquest estat límit s'assoleix quan els valors de càlcul dels efectes de les accions en els elements estructurals que componen el mur superin el valor de càlcul de la seva capacitat resistent.
- 2 La verificació d'aquest estat límit s'ha de fer d'acord amb l'apartat 2.4.2.4. A l'apartat 6.3.3.3 s'indiquen els criteris per al dimensionament.

#### 6.3.3.3 Dimensionament

- 1 El material constitutiu del mur ha de poder resistir les tensions derivades de les empentes i sol·licitacions exteriors. El càlcul de seccions s'ha de fer anàlogament a l'especificat per a la verificació de la capacitat estructural de la fonamentació al capítol 2.
- 2 Els esforços i deformacions del mur, el terreny i dels elements de subjecció s'han de calcular considerant els valors representatius de les accions i els valors característics dels paràmetres del terreny.



- 3 En murs d'urbanització, s'han d'incloure les accions o reaccions que es poden donar degudes als elements que hi estan connectats.
- 4 Els esforços que s'han de prendre per al dimensionament són els que es dedueixen en les comprovacions d'estabilitat en les diferents fases de l'execució i les comprovacions d'estats límit de servei, amb els quals s'obté l'envoltant dels màxims moments flectors i esforços tallants en el mur. Els esforços obtinguts sobre els elements estructurals s'han de majorar considerant els coeficients  $\gamma_E$  definits a la taula 2.1.
- 5 Els estats límit de servei s'han d'analitzar amb els criteris definits a l'apartat 6.3.1.2.

#### 6.3.3.3.1 Murs de gravetat

- 1 En general no és necessària la comprovació de tensions sobre la fàbrica ja que aquestes solen ser molt petites i perfectament admissibles per a la resistència.

#### 6.3.3.3.2 Murs de gravetat alleugerits

- 1 S'han de comprovar les seccions més crítiques, tenint en compte el pes propi i l'empenta resultant fins a la secció considerada.

#### 6.3.3.3.3 Murs en L o en mènsula

- 1 Les tres mènsoles, en alçat, peu i taló, s'han de calcular com encastades en la seva arrencada amb les distribucions de tensions en alçats i fonamentació deduïdes en les comprovacions de l'estabilitat en les diferents fases de l'execució i en les comprovacions dels estats límit de servei.

#### 6.3.3.3.4 Murs de contraforts

- 1 Les plaques verticals entre contraforts es poden calcular com a plaques encastades en tres costats (vegeu la figura 6.17).

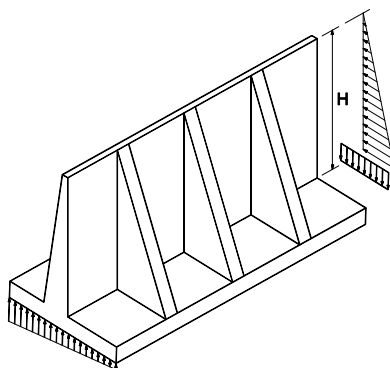


Figura 6.17. Mur de contraforts

- 2 Per a murs alts o de forma especial s'ha de fer un càlcul detallat dels esforços de torsió, vinclament dels contraforts, fissuració, etc.
- 3 Quan els contraforts estiguin situats a l'extradós, s'han de dimensionar per resistir les traccions corresponents a les reaccions de suport o encastament de les plaques frontals.

#### 6.3.3.3.5 Murs de soterrani

- 1 Aquests murs estan travats transversalment pels forjats i no treballen en voladís. La restricció en els moviments transversals provocada pels forjats fa que freqüentment no es puguin produir les deformacions necessàries per assolir les condicions d'empenta activa. A l'apartat 6.2 es defineixen les empentes del terreny a considerar en aquest tipus de murs.
- 2 En el cas de murs de soterrani, a les accions és necessari afegir les verticals de la sol·licitació dels forjats intermedis i de cap, si n'hi ha, i la compressió aportada directament o indirectament pels suports o murs de càrrega de l'edifici que arrenquin d'aquest mateix punt. Per al càlcul de la situació definitiva, es pot suposar que les empentes horitzontals s'equilibren contra els pisos,

- tant forjat o forjats com solera, en la mesura necessària per minimitzar la fallada per esllavissament.
- 3 La resultant  $F$ , corresponent a la reacció dels forjats sobre el mur, és una variable més en els càlculs recollits a l'apartat 6.3.3.2 (vegeu la figura 6.18a). Per a la seva determinació pot ser necessari incloure en el càlcul la deformabilitat del fonament mitjançant un coeficient de balast, amb els criteris definits al capítol 4. En determinats casos es pot fer la hipòtesi simplificada de considerar un repartiment uniforme de pressions sota el fonament.
  - 4 En el cas de murs de soterrani amb dos o més nivells de forjat, el càlcul es pot efectuar assimilant el mur a una biga contínua, incloent-hi la compatibilitat de deformacions amb la sabata (vegeu la figura 6.18b).
  - 5 El mur de soterrani s'ha d'analitzar en sentit longitudinal com una sabata contínua, amb els criteris definits al capítol 4.
  - 6 Si el mur té desenvolupament lineal en planta, amb una configuració geomètrica i d'empenta uniformes, n'hi ha prou amb una verificació en secció, per metre de desenvolupament, en dues dimensions. Si té traça trencada o tancada en planta, o posseeix una configuració variable d'altura al llarg del seu desenvolupament, l'anàlisi ha de tenir en compte el conjunt total, encara que s'ha de verificar localment, introduint en l'equilibri de cada part els termes mecànics de la seva interrelació amb el conjunt.

#### 6.3.3.3.6 Murs realitzats per pous de recalçar, a mesura que s'executa l'excavació

- 1 Es pot optar entre fer treballar el mur com una placa sobre suports puntuals o com a plaques independents amb una força centrada en cadascuna d'elles.
- 2 El càlcul estructural de les seccions de formigó s'ha d'efectuar considerant els coeficients de seguretat definits a la taula 2.1, segons els criteris definits en aquest DB i d'acord amb la Instrucció EHE.
- 3 Per la forma d'execució, no es fixa una limitació a la resistència característica del formigó ni al recobriment de les armadures.

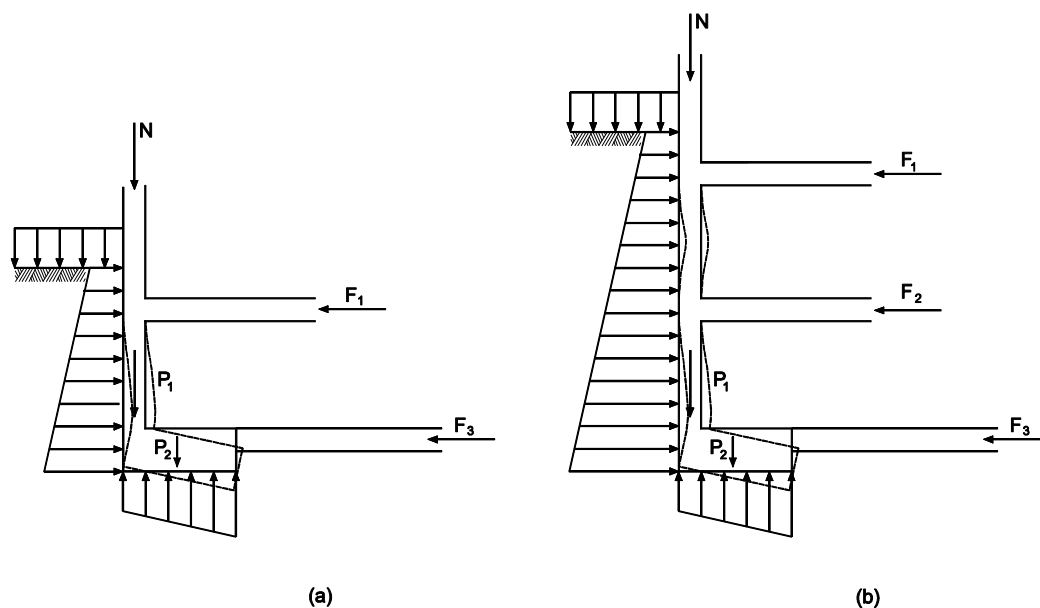


Figura 6.18. Mur de soterrani

#### 6.3.3.3.7 Elements de subjecció

- 1 El dimensionament dels elements de subjecció s'ha d'efectuar amb els criteris definits als apartats 6.3.2.3.3 i 6.3.2.4.3.

## 6.4 Condicions constructives i de control

### 6.4.1 Condicions constructives

#### 6.4.1.1 Generalitats

- 1 Els elements de contenció es calculen en la hipòtesi que el sòl afectat per aquests es troba aproximadament en el mateix estat en què va ser trobat durant els treballs de reconeixement geotècnic. Si el sòl presenta irregularitats no detectades pels aquests reconeixements o si se n'altera l'estat durant les obres, el seu comportament geotècnic es pot veure alterat. Si a la zona d'afecció de l'estructura de contenció apareixen punts especialment discordants amb la informació utilitzada en el projecte, s'ha de comprovar i si s'escau calcular de nou l'estructura de contenció.

#### 6.4.1.2 Pantalles

##### 6.4.1.2.1 Característiques generals

- 1 Per a l'execució de pantalles contínues es consideren acceptables les especificacions constructives recollides a la norma UNE-EN 1538:2000.
- 2 Quan es disposi una pantalla en el perímetre d'una excavació, s'han d'analitzar amb detall els aspectes següents de l'obra:
  - a) execució de la pantalla;
  - b) fases de l'excavació;
  - c) introducció dels elements de subjecció o dels ancoratges, si n'hi ha;
  - d) disposició dels elements d'esgotament, si l'excavació es realitza en una part sota el nivell freàtic;
  - e) subjecció de la pantalla mitjançant els forjats de l'edifici;
  - f) eliminació dels elements provisionals de subjecció o dels ancoratges, si n'hi ha.
- 3 S'ha de tractar especialment d'evitar que, en alguna fase de l'execució, es pugui trobar la pantalla en alguna situació no prevista en el càlcul i que comporti un risc d'inestabilitat més alt de la pantalla mateixa, d'edificis o d'altres estructures pròximes o del fons de l'excavació o esforços en la pantalla o en els elements de subjecció superiors a aquells per als quals han estat dimensionats.
- 4 El disseny de la pantalla ha de garantir que no es produeixin pèrdues d'aigua no admissibles a través o per sota de l'estructura de contenció, així com que no es produeixin afeccions no admissibles a la situació de l'aigua freàtica a l'entorn.
- 5 Els murets de guia tenen per finalitat garantir l'alineament de la pantalla formigonada, guiar les eines d'excavació, evitar qualsevol desprendiment del terreny de la rasa a la zona de fluctuació del fluid d'excavació, així com servir de suport per a les gàbies d'armadura, elements prefabricats o altres a introduir en l'excavació fins que endureixi el formigó. Han de resistir els esforços produïts per l'extracció dels encofrats de juntures.
- 6 Habitualment són de formigó armat i construïts in situ. La seva profunditat normalment és compresa entre mig metre i metre i mig (0,5 i 1,5 m), segons les condicions del terreny.
- 7 Els murets de guia han de permetre que es respectin les toleràncies especificades per als plafons de pantalla.
- 8 És recomanable apuntalar els murets de guia fins a l'excavació del plafó corresponent.
- 9 La distància entre murets de guia ha de ser entre vint i cinquanta mil·límetres (20 i 50 mm) superior al gruix de la pantalla projectada.
- 10 En cas de pantalles poligonals o de forma irregular, pot ser necessari augmentar la distància entre murets de guia.
- 11 Llevat d'indicació en contra del director d'obra, la part superior dels murets de guia ha de ser horitzontal, i ha d'estar a la mateixa cota a cada costat de la rasa.

És convenient que la cara superior del muret de guia estigui, almenys, a 1,5 m sobre la màxima cota prevista del nivell freàtic.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 12 Les condicions especials de posada en obra del formigó en fonamentacions especials, generalment en perforacions profundes, sota aigua o fluid estabilitzador, i amb quanties d'armadura importants, fan necessari exigir al material una sèrie de característiques específiques que permetin garantir la qualitat del procés i del producte acabat.
- 13 El formigó a utilitzar ha de complir el que estableix la vigent Instrucció de formigó estructural EHE.
- 14 El formigó utilitzat ha de posseir les qualitats següents:
  - a) alta capacitat de resistència a la segregació;
  - b) alta plasticitat i bona compacitat;
  - c) bona fluïdesa;
  - d) capacitat d'autocompactació;
  - e) treballabilitat suficient durant tot el procés de posada en obra.

**6.4.1.2.2 Primeres matèries**

- 1 Es consideren vàlides les indicacions donades per a pilons a l'apartat 5.4.1.1.1 d'aquest DB.

**6.4.1.2.3 Dosificació i propietats del formigó****6.4.1.2.3.1 Dosificació del formigó**

- 1 Els formigons per a pantalles han d'ajustar la seva dosificació al que s'indica a continuació, llevat d'indicació en contra en el projecte.
- 2 El contingut mínim de ciment, així com la relació aigua/ciment han de respectar les prescripcions sobre durabilitat indicades al capítol corresponent de la Instrucció EHE.
- 3 En pantalles contínues de formigó armat, es recomana que el contingut de ciment sigui superior o igual a tres-cents vint-i-cinc quilograms per metre cúbic ( $325 \text{ kg/m}^3$ ) per a formigó abocat en sec en terrenys sense influència del nivell freàtic, o superior o igual a tres-cents setanta-cinc quilograms per metre cúbic ( $375 \text{ kg/m}^3$ ) per a formigó submergit.
- 4 A la taula 6.5 es recull el contingut mínim de ciment recomanat en funció de la dimensió màxima dels àrids (UNE-EN 1538:2000):

**Taula 6.5. Contingut mínim de ciment**

<b>Dimensió màxima dels àrids (mm)</b>	<b>Contingut mínim de ciment (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>
32	350
25	370
20	385
16	400

- 5 El contingut de partícules d'una mida inferior a cent vint-i-cinc micres (0,125 mm), inclòs el ciment, ha de ser igual o inferior a quatre-cents cinquanta quilograms per metre cúbic ( $450 \text{ kg/m}^3$ ) per a mides màximes d'àrids inferiors o iguals a 16 mil·límetres, i quatre-cents quilograms per metre cúbic ( $400 \text{ kg/m}^3$ ) per a la resta dels casos.
- 6 La relació aigua/ciment ha de ser l'adequada per a les condicions de posada en obra, i l'ha d'aprovar explícitament el director d'obra. El valor de la relació aigua/ciment ha d'estar comprès entre zero amb quaranta-cinc (0,45) i zero amb sis (0,6).

**6.4.1.2.3.2 Propietats del formigó**

- 1 La resistència característica mínima del formigó ha de ser la indicada al projecte o, si no, la que indiqui el director d'obra, i mai no pot ser inferior a l'especificat en la Instrucció EHE.
- 2 El formigó no ha de ser atacable pel terreny circumdant, o per les aigües que circulin a través d'aquest, i s'ha de complir la relació aigua/ciment i contingut mínim de ciment especificats en la Instrucció EHE per a cada tipus d'ambient.
- 3 La consistència del formigó fresc just abans del formigonatge ha de correspondre a un assentament del con d'Abrams entre cent seixanta mil·límetres (160 mm) i dos-cents vint mil·límetres (220 mm). Es recomana un valor no inferior a cent vuitanta mil·límetres (180 mm).

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 4 La docilitat és suficient per garantir una continuïtat en el formigonatge, i per aconseguir una compactació adequada per gravetat.
- 5 S'ha d'assegurar que la docilitat i fluïdesa es mantenen durant tot el procés de formigonatge, per garantir que no es produeixin fenòmens d'embussos en el tub Tremie, discontinuïtats en el formigó o bosses de formigó segregat o barrejat amb el llot de perforació. Durant 4 hores i, almenys, durant tot el període de formigonatge de cada plafó, la consistència del formigó disposat s'ha de mantenir en un con d'Abrams no inferior a 100 mm.

**6.4.1.2.3.3 Fabricació i transport**

- 1 El formigó ha de ser fabricat en central, amb un sistema implantat de control de producció, amb emmagatzematge de primeres matèries, sistema de dosificació, equips de pastada, i si s'escau, equips de transport.
- 2 La dita central pot estar en obra o ser una central de formigó preparat. En qualsevol cas, la dosificació a utilitzar ha de disposar dels assajos previs pertinents, així com d'assajos característics que hagin posat de manifest que, amb els equips i materials utilitzats, s'assoleixen les característiques previstes del formigó.

**6.4.1.2.4 Posada en obra**

- 1 S'ha de procedir al formigonatge quan la perforació estigui neta i les armadures es trobin en la posició prevista als plans de projecte.
- 2 A la taula 6.6 es recullen les característiques recomanades per al llot tixotròpic.

**Taula 6.6. Característiques de suspensió de llot tixotròpic**

Paràmetre	Cas d'ús		
	Llot fresc	Llot llest per a reutilització	Llot abans de formigonar
Densitat (g/ml)	< 1,10	< 1,20	< 1,15
Viscositat Marsh (s)	32 a 50	32 a 60	32 a 50
Filtratge (ml)	< 30	< 50	No pertoca
PH	7 a 11	7 a 12	No pertoca
Contingut en sorra %	No pertoca	No pertoca	< 3
Cake (mm)	< 3	< 6	No pertoca

- 3 Durant el formigonatge s'ha de posar la màxima cura a aconseguir que el formigó ompli la secció completa en tota la seva longitud, sense buits, bosses d'aire o aigua, barraques, etc. S'ha d'evitar també el rentatge i la segregació del formigó fresc.
- 4 Per a una col·locació correcta del formigó i per a una adherència perfecta d'aquest a les armadures és convenient tenir una separació mínima entre barres no inferior a cinc vegades el diàmetre de l'àrid.
- 5 El tub Tremie és l'element indispensable per al formigonatge de pantalles amb procediment de formigó abocament, especialment en presència d'aigües o llots de perforació. Aquest tub es col·loca per trams de diverses longituds per al seu millor acoblament a la profunditat de l'element a formigonar, i és proveït d'un embut a la part superior, i d'elements de subjecció i suspensió.
- 6 El tub Tremie ha de ser estanc, de diàmetre constant, i complir les condicions següents:
  - a) el diàmetre interior ha de ser superior a sis vegades (6) la mida màxima de l'àrid i en qualsevol cas superior a cent cinquanta mil·límetres (150 mm);
  - b) el diàmetre exterior no pot excedir el mínim de 0,50 vegades l'amplada de la pantalla i 0,80 vegades l'amplada interior de la gàbia d'armadures de pantalles;
  - c) a la part interior s'ha de mantenir llis i lliure d'incrustacions de morter, formigó o lletada.
- 7 El nombre de tubs Tremie a utilitzar al llarg d'un plafó de pantalla ha de ser determinat de tal manera que es limiti el recorregut horitzontal a dos metres i cinquanta centímetres (2,50 m).

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 8 Quan s'utilitzin diversos tubs de formigonatge, és necessari alimentar-los de forma que el formigó es distribueixi de manera uniforme.
- 9 Per començar el formigonatge, el tub Tremie s'ha de col·locar sobre el fons de la perforació, i després s'ha d'aixecar de deu a vint centímetres (10 a 20 cm). Sempre s'ha de col·locar a l'inici del formigonatge un tap o "pilota" al tub Tremie, que eviti el rentatge del formigó a la primera col·locació.
- 10 Durant el formigonatge, el tub Tremie sempre ha d'estar immers en el formigó almenys tres metres (3 m). En cas que es conegui amb precisió el nivell de formigó, la profunditat mínima d'immersió es pot reduir a dos metres (2 m). En cas que sigui necessari, i només quan el formigó arribi a prop de la superfície del sòl, es pot reduir la profunditat esmentada per facilitar l'abocament.
- 11 És convenient que el formigonatge es porti a terme a un ritme superior a vint-i-cinc metres cúbics per hora (25 m<sup>3</sup>/h).
- 12 El formigonatge s'ha de realitzar sense interrupció, i el formigó que hi circula ho ha de fer dins un període de temps equivalent al setanta-cinc per cent (75%) del començament de forjat. Quan es prevegi un període més gran, s'han d'utilitzar retardadors de forjat.
- 13 El formigonatge s'ha de prolongar fins que superi la cota superior prevista en projecte en una magnitud suficient perquè en demolir l'excés, constituït per un formigó de mala qualitat, el formigó al nivell de la biga de coronament o de la cara inferior del cep sigui de la qualitat adequada.
- 14 Després del formigonatge s'han de reblir de formigó pobre, o d'un altre material adequat, les excavacions que hagin quedat en buit per damunt de la cota superior de formigonatge i fins al muret de guia.

#### 6.4.1.3 Murs

- 1 La fonamentació dels murs s'ha d'efectuar prenent en consideració les recomanacions constructives definides als capítols 4 i 5.
- 2 L'excavació s'ha d'efectuar amb molt de compte perquè l'alteració de les característiques geotècniques del sòl sigui la mínima possible.
- 3 Les excavacions provisionals o definitives s'han de fer de manera que s'eviti tot esclavissament de les terres. Això és especialment important en el cas de murs executats per pous de recalçar.
- 4 En el cas de sòls permeables que requereixin esgotament de l'aigua per realitzar les excavacions, l'esgotament s'ha de mantenir durant tota la durada dels treballs.
- 5 L'esgotament s'ha de realitzar de tal manera que no comprometi l'estabilitat dels talussos o de les obres veïnes.
- 6 Les juntures de formigonatge i els processos de formigonatge, vibració i curació s'han d'efectuar amb els criteris definits a la Instrucció EHE.

### 6.4.2 Control de qualitat

#### 6.4.2.1 Generalitats

- 1 Els elements de contenció de formigó han de complir els condicionants definits en aquest DB i en la Instrucció EHE.
- 2 Durant el període d'execució s'han de prendre les precaucions oportunes per assegurar el bon estat dels elements de contenció.
- 3 En el cas de presència d'aigües àcides, salines o d'agressivitat potencial s'han de prendre les mesures oportunes. No es permet la presència de sobrecàrregues pròximes a les fonamentacions si no s'han tingut en compte en el projecte. En tot moment s'ha de vigilar la presència de vies d'aigua.
- 4 En cas que s'observin moviments excessius, s'ha de procedir a l'observació de la fonamentació i del terreny circumdant, de la part enterrada dels elements resistents verticals i de les xarxes d'aigua potable i sanejament, de manera que es pugui conèixer la causa del fenomen.
- 5 Les càrregues a les quals se sotmetin les estructures de contenció no poden ser superiors a les especificades en el projecte.
- 6 Són aplicables les comprovacions a realitzar sobre el terreny, sobre els materials de construcció, durant l'execució i les comprovacions finals indicades als apartats 4.6.2 al 4.6.5.

#### 6.4.2.2 Pantalles

- 1 S'ha de controlar que la docilitat i fluïdesa del formigó es mantenen durant tot el procés de formigonatge efectuant assajos de consistència sobre mostres de formigó fresc per definir-ne l'evolució en funció del temps. Aquest control té especial importància en cas que s'utilitzin additius superplastificants.

#### 6.4.2.3 Murs

- 1 És especialment important controlar les característiques dels elements d'impermeabilització i del material de rebliment de l'extradós.

## 7 Condicionament del terreny

### 7.1 Criteris bàsics

- 1 S'entén per condicionament del terreny totes les operacions d'excavació o rebliment controlat que és necessari portar a terme per acomodar la topografia inicial del terreny a la requerida en el projecte, així com el control de l'aigua freàtica per evitar la seva interferència amb aquestes operacions o amb les construccions enterrades; control al qual es designa com a gestió de l'aigua.
- 2 En els apartats següents no es preveu l'existència d'edificacions o altres obres veïnes que puguin interferir amb aquest tipus de treballs; en aquest cas es requeriria un estudi específic detallat del condicionament del terreny.

### 7.2 Excavacions

#### 7.2.1 Generalitats

- 1 Als efectes d'aquest capítol, s'entén per excavació tot buidatge o desmunt del terreny limitat lateralment per un talús, provisional o permanent, sense que en el període, transitori o indefinit de servei, es prevegi cap tipus de contenció mecànica afegida.
- 2 En el projecte, en relació amb l'excavació, s'han de considerar els aspectes següents:
  - a) problemes d'estabilitat o reptació superficial de sòls dotats de cohesió la superfície natural dels quals està inclinada respecte de l'horitzontal;
  - b) problemes d'inestabilitat global en sòls sense cohesió i en roques fracturades quan el talús que els limita s'aproxima al seu angle de fricció interna equivalent;
  - c) problemes derivats de processos d'erosió superficial per acció de pluja i vent i possibles cicles de gel i desgel. S'ha de tenir en compte que la gelada pot impedir el drenatge a través de les fissures d'un massís rocallós limitat per un talús exterior;
  - d) qualsevol procés que incrementi el contingut d'humitat natural del terreny, ja que contribueix a reduir-ne la resistència i incrementar-ne la deformabilitat;
  - e) problemes de dessecació en terrenys expansius.
- 3 En els casos en què el marc on s'inscriu l'excavació dificulti les anàlisis d'estabilitat global, s'han de preveure investigacions addicionals.
- 4 La realització d'una excavació ha d'assegurar que les activitats constructives previstes al seu entorn es puguin portar a terme sense arribar a les condicions dels estats límit últims ni de servei. Si el talús projectat és permanent, aquestes mateixes garanties s'han d'estendre al període de vida útil de l'obra que es realitzi.
- 5 Els talussos exposats a una erosió potencial s'han de protegir degudament per garantir la permanència del seu nivell de seguretat adequat.
- 6 És preceptiu disposar un sistema adequat de protecció d'escorrenties superficials que puguin assolir al talús i de drenatge intern que eviti l'acumulació d'aigua a l'extradós del talús.
- 7 S'han de prendre en consideració els efectes dels processos constructius previstos en la mesura que poden afectar l'estabilitat global i la magnitud dels moviments a l'entorn de l'excavació.

## 7.2.2 Estats límit últims

### 7.2.2.1 Talussos en sòls

- 1 S'han d'analitzar totes les configuracions potencials d'inestabilitat que siguin rellevants. La verificació d'aquests estats límit per a cada situació de dimensionament s'ha de fer utilitzant l'expressió (2.2), i els coeficients de seguretat parcials per a la resistència del terreny i per als efectes de les accions següents:
- 2 S'han d'adoptar en els càlculs, en absència de construccions afectades pel talús:  
 $\gamma_R = 1,5$  per a situacions persistents i transitòries;  
 $\gamma_R = 1,1$  per a situacions extraordinàries.  
 $\gamma_E = \gamma_F = \gamma_M = 1$
- 3 En el càlcul dels estats límit últims s'ha de fer intervenir, segons que correspongui per a la situació de dimensionament pertinent, els elements següents:
  - a) estratificació del terreny;
  - b) presència i orientació de les possibles discontinuïtats mecàniques;
  - c) forces de filtració i distribució de pressions intersticials a l'entorn del talús;
  - d) forma d'inestabilitat (superfície circular o composta d'esllavissament, possible basculament d'estrats, flux) a curt i llarg termini;
  - e) paràmetres mecànics de resistència associats al problema;
  - f) mètode d'anàlisi adoptat (especialment el mètode numèric en què es basi el programa d'ordinador emprat);
  - g) geometria global del problema, en cas que se separi de les hipòtesis bidimensionals i requereixi una anàlisi tridimensional.
- 4 En general les solucions d'estabilització de talussos en sòls combinen geometria i drenatge de l'extradós del talús.

### 7.2.2.2 Talussos d'excavació en roques

- 1 S'han d'estudiar possibles maneres d'inestabilitat traslacionals o rotacionals associades a:
  - a) blocs o falques limitats per discontinuïtats;
  - b) conjunt de la massa rocallosa.
- 2 També s'ha d'analitzar la possible existència de basculament d'estrats o caiguda de blocs.
- 3 Les anàlisis d'estabilitat s'han de basar en un coneixement adequat de les famílies de discontinuïtats que afectin el massís rocallós i en la resistència al tallant de les discontinuïtats i possible evolució de la resistència al tallant de la matriu de roca.
- 4 S'ha de tenir en compte que en roques molt densament fracturades i en roques toves o sòls cimentats les superfícies potencials d'inestabilitat poden tenir directrius pròximes a la forma circular, com en els sòls cohesius.
- 5 La distribució de pressions intersticials en discontinuïtats es poden suposar triangulars, amb valor nul en contacte amb l'atmosfera.
- 6 S'ha de tenir en compte que la situació anterior es pot veure modificada molt desfavorablement per l'efecte de gelades que obturin la possible sortida de l'aigua a l'exterior.
- 7 La prevenció de basculament d'estrats i, en algun cas favorable, la de caiguda de bloc o falques es pot aconseguir combinant el sistema de tirants d'ancoratge i drenatge.
- 8 En buidatges, la prevenció de caiguda de blocs requereix la utilització adequada de malles de retenció.
- 9 En talussos de vials de les zones urbanitzades es poden disposar, prop del seu peu, malles especials d'absorció d'energia cinètica, per detenir i subjectar blocs. Tant aquestes últimes com els fossats o cunetes de recollida de pedres s'han de dimensionar amb l'anàlisi prèvia de les possibles trajectòries de les pedres en la seva caiguda.



### 7.2.3 Estats límit de servei

- 1 En el projecte s'ha de justificar que, sota valors representatius de les accions, i en situacions persistents, no s'assoleixi l'estat límit de servei en qualsevol de les estructures, vials o serveis que afectin la zona de l'entorn de l'excavació.
- 2 S'han de considerar les possibles subsidències generades en l'entorn esmentat per les causes següents:
  - a) canvi en les condicions de l'aigua subterrània i en les seves corresponents pressions intersticials;
  - b) fluència lenta del terreny en condicions drenades;
  - c) pèrdues de sòl incoherent a través del talús o de materials solubles en profunditat;
  - d) actuacions profundes que puguin involucrar pèrdues de sòls o de gas subterrani.
- 3 L'estabilitat del fons d'excavació s'ha d'analitzar sobre la base dels conceptes exposats a l'apartat 6.3.2.2.2 i avaluar-ne l'aixecament per descàrrega.
- 4 La possible aparició d'estats límit de servei s'ha d'evitar:
  - a) limitant la mobilització de resistència al tallant del terreny.
  - b) observant els moviments que es produeixen i adoptant mesures que els redueixin o arribin a eliminar-los en cas que sigui necessari.

### 7.2.4 Control de moviments

- 1 És preceptiu el seguiment de moviments al fons i a l'entorn de l'excavació, utilitzant una instrumentació adequada si:
  - a) no és possible descartar la presència d'estats límit de servei sobre la base del càlcul o de mesures prescriptives;
  - b) les hipòtesis de càlcul no es basen en dades fiables.
- 2 Aquest seguiment s'ha de planificar de manera que permeti establir:
  - a) l'evolució de pressions intersticials en el terreny per tal de poder deduir les pressions efectives que s'hi desenvoluparan;
  - b) moviments verticals i horitzontals en el terreny per poder definir el desenvolupament de deformacions;
  - c) en cas que es produeixi esllavissament, la localització de la superfície límit per a la seva anàlisi retrospectiva, de la qual resultin els paràmetres de resistència utilitzables per al projecte de les mesures necessàries d'estabilització;
  - d) el desenvolupament de moviments en el temps, per alertar de la necessitat d'adoptar mesures urgents d'estabilització.

## 7.3 Rebliments

### 7.3.1 Generalitats

- 1 Als efectes d'aquest DB s'entenen així els rebliments controlats utilitzats en l'edificació.
- 2 Per a la seva execució es requereix disposar d'un material de característiques adequades al procés de col·locació i compactació i que permeti obtenir, després d'aquest procés, les propietats geotècniques necessàries.
- 3 En el projecte s'ha d'incloure la definició del préstec i les condicions d'explotació, transport i col·locació del material.
- 4 Si el rebliment està limitat per un talús hi són aplicables les anàlisis d'estats límit últims i de servei definits a l'apartat 7.2.

### 7.3.2 Selecció del material de rebliment

- 1 Els criteris de selecció del material adequat per utilitzar-lo en un rebliment es basen en l'obtenció, després del procés de compactació, de la resistència, rigidesa i permeabilitat necessàries en el rebliment. Aquests criteris depenen, per tant, del propòsit del rebliment i dels requisits del servei o construcció a disposar sobre aquest.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 2 Els materials que, segons els casos, poden ser utilitzats per a rebliments d'edificació inclouen la major part dels sòls predominantment granulars i fins i tot alguns productes resultants de l'activitat industrial, com ara certes escòries i cendres polvoritzades. Alguns productes manufacturats, com ara agregats lleugers, es poden utilitzar en determinats casos. Els sòls cohesius poden ser tolerables però requereixen una selecció especial i les condicions de col·locació i compactació precises.
- 3 S'han de prendre en consideració els aspectes següents en la selecció d'un material per a rebliment:
  - a) granulometria;
  - b) resistència a la trituració i desgast;
  - c) compactabilitat;
  - d) permeabilitat;
  - e) plasticitat;
  - f) resistència del subsòl;
  - g) contingut en matèria orgànica;
  - h) agressivitat química;
  - i) efectes contaminants;
  - j) solubilitat;
  - k) inestabilitat de volum;
  - l) susceptibilitat a les baixes temperatures i a la gelada;
  - m) resistència a la intempèrie;
  - n) possibles canvis de propietats deguts a l'excavació, transport i col·locació;
  - o) possible cimentació després de la seva col·locació.
- 4 Si els materials no són apropiats en el seu estat natural, es poden millorar mitjançant:
  - a) ajustament de la seva humitat;
  - b) estabilització amb calç o ciment;
  - c) correcció de granulometria;
  - d) protecció amb un material apropiat;
  - e) utilització de capes drenants intercalades.
- 5 Normalment no s'utilitzen els sòls expansius o solubles. Tampoc els susceptibles a la gelada o que continguin, en alguna proporció, gel, neu o torba si s'han d'utilitzar com a rebliment estructural.
- 6 En cas de dubte, s'ha d'assajar el material en préstec, i en el projecte s'han de definir el tipus, nombre i freqüència dels assajos en funció del tipus i heterogeneïtat del material i de la naturalesa de la construcció en què s'utilitzarà el rebliment.

### 7.3.3 Procediments de col·locació i compactació del rebliment

- 1 S'han d'establir els procediments de col·locació i compactació del rebliment per a cada zona o tongada de rebliment en funció del seu objecte i comportament previstos.
- 2 Els procediments de col·locació i compactació del rebliment han d'assegurar-ne l'estabilitat en tot moment i evitar a més qualsevol perturbació del subsòl natural.
- 3 El procés de compactació s'ha de definir en funció de la compacitat a aconseguir i dels factors següents:
  - a) naturalesa del material;
  - b) mètode de col·locació;
  - c) contingut d'humitat natural i les seves possibles variacions;
  - d) gruixos inicial i final de tongada;
  - e) temperatura ambient i possibles precipitacions;
  - f) uniformitat de compactació;
  - g) naturalesa del subsòl;
  - h) existència de construccions adjacents al rebliment.

- 4 El rebliment que es col·loqui adjacent a estructures s'ha de disposar en tongades d'un gruix limitat i compactar amb mitjans d'energia petita per evitar dany a aquestes construccions.
- 5 Prèviament a la col·locació de rebliments sota l'aigua s'ha de dragar qualsevol sòl tou existent.

#### 7.3.4 Control del rebliment

- 1 El control d'un rebliment ha d'assegurar que el material, el seu contingut d'humitat en la col·locació i el seu grau final de compacitat obeeixin a l'especificat en el plec de condicions del projecte.
- 2 Habitualment, el grau de compacitat s'ha d'especificar com a percentatge de l'obtingut com a màxim en un assaig de referència com el Proctor.
- 3 En esculleres o en rebliments que continguin una proporció alta de mides grosses no són aplicables els assajos Proctor. En aquest cas s'ha de comprovar la compacitat mitjançant mètodes de camp, com ara definir el procés de compactació a seguir en un rebliment de prova, comprovar l'assentament d'una passada addicional de l'equip de compactació, realització d'assajos de càrrega amb placa o l'ús de mètodes sísmics o dinàmics.
- 4 La sobrecompactació pot produir efectes no desitjables, com ara:
  - a) altes pressions de contacte sobre estructures enterrades o de contenció;
  - b) modificació significativa de la granulometria en materials tous o trencadissos.

### 7.4 Gestió de l'aigua

#### 7.4.1 Generalitats

- 1 Als efectes d'aquest DB s'entén per gestió de l'aigua el control de l'aigua freàtica (esgotaments o rebaixaments) i l'anàlisi de les possibles inestabilitats de les estructures enterrades en el terreny per trencaments hidràulics (subpressió, sifonament, erosió interna o tubificació).

#### 7.4.2 Esgotaments i rebaixaments de l'aigua freàtica

- 1 Qualsevol esquema d'esgotament de l'aigua del terreny o de reducció de les seves pressions s'ha de basar necessàriament en els resultats d'un estudi previ geotècnic i hidrogeològic.
- 2 Per a permeabilitat decreixent del terreny la remoció de l'aigua s'ha de fer:
  - a) per gravetat;
  - b) per aplicació de buit;
  - c) per electroosmosi.
- 3 En condicions en què la remoció de l'aigua al solar generi una subsidència inacceptable a l'entorn, l'esquema d'esgotament pot anar acompanyat d'un sistema de recàrrega d'aigua a certa distància de l'excavació.
- 4 L'esquema de buidatge ha de satisfer, segons el que sigui procedent, les condicions següents:
  - a) en excavacions, l'efecte del rebaixament ha d'evitar inestabilitats, tant en talussos com en el fons de l'excavació, com per exemple les degudes a pressions intersticials excessives en un estrat confinat per un altre de permeabilitat inferior;
  - b) l'esquema de buidatge no ha de promoure assentaments inacceptables en obres o serveis veïns, ni interferir indegudament amb esquemes veïns d'explotació de l'aigua freàtica;
  - c) l'esquema de buidatge ha d'impedir les pèrdues de sòl a l'extradós o a la base de l'excavació. A aquest efecte s'han d'emprar filtres o geocompostos adequats que assegurin que l'aigua buidada no transporta un volum significatiu de fins;
  - d) l'aigua buidada s'ha d'eliminar sense que afecti negativament l'entorn;
  - e) l'explotació de l'esquema de buidatge ha d'assegurar els nivells freàtics i pressions intersticials previstos en el projecte, sense fluctuacions significatives;
  - f) hi ha d'haver prou equips de recanvi per garantir la continuïtat del buidatge;
  - g) l'impacte ambiental a l'entorn ha de ser permisible;

- h) en el projecte s'ha de preveure un seguiment per controlar el desenvolupament de nivells freàtics, pressions intersticials i moviments del terreny i comprovar que no són lesius a l'entorn;
- i) en cas de buidatges de llarga durada s'ha de comprovar a més el funcionament correcte dels elements d'aspiració i els filtres per evitar perturbacions per corrosió o dipòsits indesitjables.

### 7.4.3 Trencaments hidràulics

- 1 Segons el que sigui procedent, s'han de considerar els tipus possibles de trencaments hidràulics següents:
  - a) trencaments per subpressió d'una estructura enterrada o un estrat del subsòl quan la pressió intersticial supera la sobrecàrrega mitjana total;
  - b) trencament per aixecament del fons d'una excavació del terreny de la vora de suport d'una estructura, per desenvolupament excessiu de forces de filtració que poden arribar a anul·lar la pressió efectiva i es pot iniciar el sifonament;
  - c) trencament per erosió interna que representa el mecanisme d'arrossegament de partícules del sòl al si d'un estrat, o en el contacte de dos estrats de diferent granulometria, o d'un contacte terreny-estructura;
  - d) trencament per tubificació, en què s'acaba constituint, per erosió regressiva a partir d'una superfície lliure, una canonada o túnel en el terreny, amb remoció de volums de sòl apreciables i a través del conducte del qual es produeixen fluxos importants d'aigua.
- 2 Per evitar aquests fenòmens s'han d'adoptar les mesures necessàries encaminades a reduir els gradients de filtració de l'aigua.
- 3 Les mesures de reducció de gradients de filtració de l'aigua han de consistir, segons que correspongui, en el següent:
  - a) incrementar, per mitjà de tapissos impermeables, la longitud del camí de filtració de l'aigua;
  - b) filtres de protecció que impedeixin la pèrdua a l'exterior dels fins del terreny;
  - c) pous d'alleugeriment per reduir subpressions al si del terreny.
- 4 Per verificar la resistència a la subpressió s'ha d'aplicar l'expressió (2.1).

on:

$$E_{d,dst} = G_{d,dst} + Q_{d,dst} \quad (7.1)$$

$$E_{d,stb} = G_{d,stb} \quad (7.2)$$

on:

$E_{d,dst}$  és el valor de càlcul de l'efecte de les accions desestabilitzadores

$E_{d,stb}$  és el valor de càlcul de l'efecte de les accions estabilitzadores

$G_{d,dst}$  és el valor de càlcul de l'efecte de les accions permanents desestabilitzadores

$Q_{d,dst}$  és el valor de càlcul de l'efecte de les accions variables desestabilitzadores

$G_{d,stb}$  és el valor de càlcul de l'efecte de les accions permanents estabilitzadores

- 5 Els valors de càlcul  $G_{d,dst}$  i  $Q_{d,dst}$  s'obtenen aplicant uns coeficients de majoració d'1 i 1,5 als valors característics de les accions permanents i variables desestabilitzadores, respectivament.
- 6 El valor  $G_{d,stb}$  s'obté aplicant un coeficient de minoració de 0,9 al valor característic de les accions permanents estabilitzadores.
- 7 En el cas d'intervenir en l'estabilitat a la subpressió la resistència a l'esforç tallant del terreny s'han d'aplicar els coeficients de seguretat parcials  $\gamma_M$  següents:
  - a) per a la resistència drenada a l'esforç tallant,  $\gamma_M = \gamma_c = \gamma_{\phi'} = 1,25$
  - b) per a la resistència sense drenatge a l'esforç tallant,  $\gamma_M = \gamma_{cu} = 1,40$

## 8 Millora o reforç del terreny

### 8.1 Generalitats

- 1 Als efectes d'aquest DB s'entén per millora o reforç del terreny l'increment de les seves propietats resistents o de rigidesa per poder recolzar-hi adequadament fonamentacions, vials o serveis.

## 8.2 Condicions inicials del terreny

- 1 Abans de decidir o implementar qualsevol tipus de millora o reforç del terreny s'han d'establir, adequadament, les condicions inicials del terreny mitjançant l'estudi geotècnic oportú.

## 8.3 Elecció del procediment de millora o reforç del terreny

- 1 La millora o reforç del terreny es pot fer mitjançant la seva mescla amb aglomerants hidràulics, substitució, precàrrega, compactació dinàmica, vibroflotació, injecció, injecció d'alta pressió (*jet grouting*), o altres procediments que garanteixin un increment adequat de les seves propietats.
- 2 Per elegir el procés més adequat de millora o reforç del terreny s'han de prendre en consideració, segons que correspongui, els factors següents:
  - a) gruix i propietats del sòl o rebliment a millorar;
  - b) pressions intersticials en els diferents estrats;
  - c) naturalesa, mida i posició de l'estructura a recolzar en el terreny;
  - d) prevenció de danys a les obres o serveis adjacents;
  - e) millora provisional o permanent del terreny;
  - f) en termes de les deformacions previsibles, la relació entre el mètode de millora del terreny i la seqüència constructiva;
  - g) els efectes en l'entorn, fins i tot la possible contaminació per substàncies tòxiques (en el cas en què aquestes s'introduïssin al terreny en el procés de millora) o les modificacions en el nivell freàtic;
  - h) la degradació dels materials a llarg termini (per exemple en el cas d'injeccions de materials inestables).

## 8.4 Condicions constructives i de control

- 1 En el projecte s'han d'establir les especificacions dels materials a emprar, les propietats del terreny després de la seva millora i les condicions constructives i de control.
- 2 Els criteris d'acceptació, fixats en el projecte per al mètode que es pugui adoptar de millora del terreny, consisteixen en uns valors mínims de determinades propietats del terreny després de la seva millora.
- 3 La consecució d'aquests valors o de valors superiors als mínims, després del procés de millora, s'ha de contrastar adequadament.

## 9 Ancoratges al terreny

### 9.1 Definicions i tipologies

- 1 Als efectes d'aquest DB, aquest capítol és aplicable en el càlcul d'ancoratges provisionals i permanents per a:
  - a) sosteniment d'estructures de contenció;
  - b) estabilització de vessants, talls d'excavació o galeries;
  - c) resistència a subpressió en estructures amb transmissió de reacció de tracció a una formació resistent, sòl o roca.
- 2 S'hi inclouen:
  - a) ancoratges pretesats, constituïts per un cap de transmissió, una longitud lliure i una longitud de segellament per injecció al terreny;
  - b) tirants no pretesats, constituïts per un cap de transmissió, una longitud lliure i un sistema de fixació al terreny (per injecció, segellament amb resina o placa d'ancoratge).
- 3 En queden exclosos els perns d'ancoratge o sistemes de clavetejament del terreny.
- 4 Es consideren ancoratges permanents aquells amb un període de vida útil superior a dos anys.
- 5 En les proves de càrrega sobre ancoratges es diferencia:
  - a) assaig d'acceptació: prova de càrrega in situ per confirmar que cada ancoratge compleix les condicions previstes en el projecte;

- b) assaig d'adequació: prova de càrrega in situ destinada a confirmar que el tipus d'ancoratge corresponent s'adequa a les condicions particulars del terreny existent;
- c) assaig d'investigació: prova de càrrega in situ destinada a establir l'estat límit últim d'un ancoratge instal·lat mitjançant un procediment determinat en el terreny en estudi, així com el comportament de l'ancoratge en l'interval de càrregues previst en servei.

## 9.2 Accions a considerar i dades geomètriques

- 1 En establir les situacions en el projecte s'han de considerar:
  - a) totes les fases de construcció i les possibles situacions de sol·licitació al llarg de la vida de l'obra;
  - b) la situació del nivell freàtic i les pressions intersticials en aquífers confinats.
  - c) les possibles conseqüències del trencament de qualsevol ancoratge.
  - d) la possibilitat que les forces de pretesatge dels ancoratges excedeixin les sol·licitacions previstes per a l'estructura.
  - e) la força de pretesatge de l'ancoratge,  $P$ , es considera com una acció desfavorable per al càlcul de l'ancoratge.
  - f) la resistència característica,  $R_{a,k}$ , de l'ancoratge es determina sobre la base d'assajos d'adequació o a partir d'experiència contrastable.
  - g) la resistència de càlcul,  $R_{a,d}$ , es comprova mitjançant assajos d'acceptació després de l'execució.
  - h) les mesures oportunes per evitar la corrosió. A aquests efectes es consideren vàlides les condicions enfront de la corrosió definides a la norma UNE EN-1537:2001.
- 2 L'efecte de les accions sobre l'ancoratge,  $E_d$ , s'obté mitjançant la següent expressió:
 
$$E_d = \gamma_E \cdot P_N \quad (9.1)$$
 on:
  - $\gamma_E$  és el coeficient de majoració igual a 1,50 i 1,20 per a ancoratges permanents i provisionals respectivament.
  - $P_N$  és la càrrega nominal de l'ancoratge, que és la més gran de:
    - a) la càrrega estricta obtinguda en realitzar el càlcul de l'estabilitat del conjunt amb els coeficients de seguretat indicats als capítols anteriors;
    - b) la càrrega obtinguda, sense majorar, en el càlcul dels estats límits de servei.
- 3 Si la importància de l'obra o la transcendència econòmica i social d'aquesta així ho aconsellen, el projectista o el director d'obra pot adoptar coeficients de majoració superiors als indicats en el paràgraf anterior.
- 4 S'ha de prestar atenció al dimensionament i posició de la placa de repartiment del cap de l'ancoratge per evitar deformacions excessives d'aquest, concentració de tensions en l'estructura de suport, assentaments inadmissibles del terreny del pla de suport, aixecament de falca passives i descensos dels caps.
- 5 L'amplada de la placa de repartiment ha de ser almenys el doble del diàmetre de la perforació realitzada en l'estructura a ancorar, i en cap cas no pot ser inferior a 20 cm. El seu gruix ha de ser el suficient perquè no es registrin deformacions apreciables durant el tesatge, i mai no pot ser inferior a 1 cm.

## 9.3 Anàlisi i dimensionament

### 9.3.1 Estats límit

- 1 Es consideren els estats límit últims següents d'un ancoratge, tant individualment com en combinació:
  - a) trencament estructural de l'armadura o del cap de transmissió, causat per les tensions aplicades, per distorsió del cap de transmissió o per corrosió;
  - b) per a ancoratges injectats, trencament del contacte entre el sòlid injectat i el terreny circumdant.
  - c) trencament del contacte entre l'armadura i el material de segellament;
  - d) per a ancoratges amb placa d'ancoratge, trencament per capacitat de reacció insuficient d'aquesta;

## Document bàsic SE-C Fonaments

- e) pèrdua de la força d'ancoratge per desplaçament excessiu del cap de transmissió o per fluència i relaxació;
  - f) trencament o deformació excessiva de parts de l'estructura ancorada com a conseqüència de l'aplicació de la força d'ancoratge;
  - g) pèrdua de l'estabilitat global del terreny i de l'estructura de contenció;
  - h) interacció inacceptable de grups d'ancoratges amb el terreny i les estructures adjacents.
- 2 Per a la comprovació dels estats límit de servei de l'estructura ancorada s'ha de considerar cada ancoratge com una molla la constant de la qual es determina segons les lleis de l'elasticitat a partir de la longitud lliure equivalent de l'ancoratge i les seves característiques geomètriques i mecàniques.

**9.3.2 Estabilitat**

- 1 L'anàlisi de l'estabilitat de l'ancoratge ha de comprendre, almenys, els aspectes següents:
- a) comprovació de la tensió admissible;
  - b) comprovació al lliscament del tirant dins el bulb d'ancoratge;
  - c) comprovació de la seguretat enfront de l'arrencament del bulb.
- 2 La verificació d'aquests estats límit per a cada situació de dimensionament s'ha de fer utilitzant l'expressió (2.2), en què  $E_d$  està definida en l'expressió (9.1) i  $R_d$  ve donada en els apartats següents:
- 3 Per a la comprovació de la tensió admissible del tirant:

$$R_d = \min (A_T \cdot f_{PK} / \gamma_{M1}; A_T \cdot f_{YK} / \gamma_{M2}) \quad (9.2)$$

on:

$A_T$  és la secció del tirant;

$f_{PK}$  és el límit de trencament de l'acer del tirant;

$f_{YK}$  és el límit elàstic de l'acer del tirant;

$\gamma_{M1}$  en ancoratges provisionals 1,25 i ancoratges permanents 1,30;

$\gamma_{M2}$  en ancoratges provisionals 1,10 i en ancoratges permanents 1,15.

- 4 Per a la comprovació del lliscament del tirant dins el bulb d'ancoratge:

$$R_d = L_b \cdot P_T \cdot \tau_{lim} / \gamma_R \quad (9.3)$$

on:

$L_b$  és la longitud de càlcul del bulb;

$P_T$  és el perímetre nominal del tirant;

$\tau_{lim}$  és l'adherència límit entre el tirant i la lletada expressada en MPa;

$\gamma_R$  és igual a 1,2.

on:

$$\tau_{lim} = 6,9 (f_{CK} / 22,5) \quad (9.4)$$

$f_{CK}$  és la resistència característica de la lletada expressada en MPa;

Per a aquesta comprovació, l'excés de longitud del bulb per damunt de 14 m es minora per un coeficient de 0,70 a fi de tenir en compte el seu possible trencament progressiu.

- 5 Per a la comprovació de la seguretat enfront de l'arrencament del bulb:

$$R_d = \pi \cdot D_N \cdot L_b \cdot a_{adm} \quad (9.5)$$

on:

$D_N$  és el diàmetre nominal del bulb

$a_{adm}$  és l'adherència admissible enfront de l'esllavissament o arrencament del terreny

$$a_{adm} = \frac{1}{\gamma_R} (c_m' + \sigma' \cdot \text{tg} \phi') \quad (9.6)$$

on:

$\gamma_R = 1,35$

$c_m'$  és la cohesió efectiva del terreny en el contacte terreny-bulb minorada per un coeficient d'1,2.

$\sigma'$  és la component normal al bulb de la pressió efectiva vertical exercida pel terreny

$\phi'$  és l'angle de fricció intern efectiu del terreny.

El valor de  $a_{adm}$  també es pot obtenir a partir de correlacions empíriques, suficientment contrastades, que tinguin en compte el procediment d'injecció de l'ancoratge.

#### **9.4 Condicions constructives i de control**

- 1 Per a l'execució dels ancoratges, així com per a la realització dels assajos de control esmentats en 9.1.5 i la seva supervisió, es consideren vàlides les especificacions contingudes en la norma UNE-EN 1537:2001.



## Annex A. Terminologia

- 1 A continuació es defineix el sentit que s'ha de donar als termes específics que apareixen, de forma general, en l'ús d'aquest DB-C.

**Acció o càrrega:** Tota causa o agent actuant capaç de generar estats tensionals o deformacions tant en les estructures com en el terreny.

**Adhesió:** Resistència al tall d'un contacte terreny-estructura, quan la pressió normal efectiva sobre el contacte és nul·la.

**Altura piezomètrica:** Altura que assoleix el nivell de l'aigua en col·locar un tub piezomètric en un punt.

**Angle de fricció interna.** Angle la tangent del qual és la derivada de la resistència al tall respecte a la pressió normal efectiva.

**Argiles:** Fracció de sòl amb les partícules de mida inferior a 0,002 mm i en què s'hi poden determinar un límit plàstic i un límit líquid.

**Sorra:** Fracció de sòl les partícules del qual tenen una mida compresa entre 0,06 mm i 2 mm. Fina fins a 0,2 mm; mitjana fins a 0,6 mm; grossa per damunt de 0,6 mm.

**Coefficient de seguretat:** Relació entre el valor característic d'una determinada propietat o magnitud i el valor de càlcul requerit en l'estudi d'un determinat problema.

**Coefficient de seguretat parcial de la resistència del terreny:** Factor pel qual es divideix la resistència característica del terreny per obtenir la resistència de càlcul.

**Coefficient de seguretat parcial per als efectes de les accions sobre el terreny:** Factor pel qual es multipliquen els efectes de les accions sobre la fonamentació, per obtenir els valors de càlcul dels efectes de les accions.

**Cohesió:** Resistència al tall del terreny quan la pressió normal efectiva és nul·la.

**Consolidació primària:** Procés de reducció de volum dels sòls saturats a causa de l'expulsió d'aigua.

**D<sub>50</sub>:** En l'assaig granulomètric, mida de partícula corresponent al 50% que passa.

**Diàclasi:** Superfície de discontinuïtat del massís rocallós originada per les tensions experimentals.

**Encastament:** Zona de fonamentació que queda per sota de la superfície del terreny.

**Empenta activa:** Empenta sobre una estructura de contenció quan aquesta experimenta un desplaçament suficientment ampli en la direcció del moviment del terreny.

**Empenta al repòs:** Empenta que correspon a la situació ideal de desplaçament nul d'una estructura de contenció.

**Empenta passiva:** Empenta sobre una estructura de contenció quan aquesta experimenta un desplaçament suficientment ampli en direcció contrària al moviment del terreny.

**ER:** Energia relativa en l'assaig SPT expressada en tant per cent. Quocient entre l'energia real del cop en el dispositiu utilitzat i la nominal.

## Document bàsic SE-C Fonaments

**Estats límit:** Els estats o situacions de l'estructura, o de parts d'aquesta, que si s'assoleixen i s'excedeixen posen l'estructura fora d'ús per incompliment de les condicions tensionals o funcionals límit preestablertes.

**Estats límit de servei:** Situacions que suposen que una obra, estructura o element deixa de complir els requisits de qualitat (per raons funcionals, estètiques, de durabilitat, etc.) establerts en el projecte, encara que això no impliqui la ruïna o posada fora de servei de manera immediata.

**Estats límit últims:** Situacions que suposen la posada fora de servei d'una determinada obra, estructura o element, com a conseqüència de trencament, enfonsament, pèrdua d'estabilitat o qualsevol altra forma de fallada.

**Fluència:** Deformacions diferides del sòl sense modificar-ne l'estat tensional.

**Gradient hidràulic:** Derivada de l'altura total d'energia respecte a la distància recorreguda per l'aigua al llarg d'una línia de corrent.

**Grau de consolidació:** Percentatge de les sobrepressions intersticials dissipades després de l'aplicació d'una càrrega sobre un sòl respecte a la totalitat de les generades per l'aplicació de la càrrega esmentada.

**Grau de saturació:** Percentatge de porus que estan ocupats per l'aigua.

**Grava:** Fracció de sòls les partícules dels quals tenen una mida compresa entre 2 mm i 60 mm. Fina fins a 6 mm; mitjana fins a 20 mm; grossa per damunt de 20 mm.

**Inflament:** Increment de volum que experimenten alguns sòls en augmentar la seva humitat.

**Inflament lliure:** Canvi percentual de volum que experimenta un sòl en saturar-lo amb pressions efectives baixes.

**Humitat:** Quocient entre el pes d'aigua contingut en una determinada mostra i el pes del terreny sec.

**Índex de porus:** Relació entre el volum ocupat pels porus i el volum ocupat per les partícules sòlides.

**Llim:** Fracció de sòl les partícules del qual passen pel tamís 0,06 UNE i són d'una mida superior a 0,002 mm. Si es poden determinar uns límits plàstic i líquid, el seu comportament és similar al de les argiles. Si no se'n pot determinar la plasticitat, el seu comportament és similar al de les sorres.

**Mòdul de balast:** Raó entre la tensió aplicada sobre una superfície i el desplaçament produït. Designat així mateix com a mòdul de reacció o mòdul de Winkler.

**N<sub>SPT</sub>:** Nombre de cops en l'assaig SPT, corregit per a una energia relativa del 60%, és a dir aplicant-hi el factor  $E_R/60$ .

**Pes específic aparent:** Pes real d'una mostra (partícules sòlides més aigua) dividit entre el volum total d'aquesta.

**Pes específic saturat:** Pes específic corresponent a una mostra saturada, amb tots els seus porus plens d'aigua.

**Pes específic sec:** Pes de les partícules sòlides, dividit pel volum total de la mostra.

**Pes específic submergit:** Pes específic del material saturat en estar submergit en aigua en condicions hidrostàtiques.

**Porositat:** Relació entre el volum ocupat pels porus i el volum total de la mostra (partícules sòlides + porus).

**Pressió d'inflament:** Pressió efectiva que evita l'expansió d'un sòl durant la seva saturació.

**Pressió intersticial:** Pressió (en excés sobre la pressió atmosfèrica) de l'aigua en els buits d'un sòl o roca saturats.

**Pressió normal efectiva:** Pressió normal total menys la pressió intersticial.

**Pressió normal total:** Pressió (en excés sobre la pressió atmosfèrica) que actua perpendicularment a un pla donat.

**Pressió de sobreconsolidació:** Màxima pressió efectiva que ha suportat un sòl al llarg de la seva història geològica.

**Raó de sobreconsolidació,  $R_{oc}$ :** Quocient entre la pressió efectiva de sobreconsolidació i la pressió efectiva actual.

**Reacció:** Les accions provoquen en el terreny certes variacions tensionals la integració en el contorn estructura-terreny de les quals condueix a unes forces, reaccions, de sentit contrari a les accions.

**Resistència al tall:** tensió tangencial màxima que pot suportar un sòl sense assolir el trencament, expressada segons la relació:  $\tau_{Rk} = c_k + \sigma_n \operatorname{tg} \phi_k$ . Es distingeixen dues situacions:

- a) "Amb drenatge". Correspon a les situacions en què, bé per unes bones condicions de permeabilitat, bé pel llarg temps transcorregut des de l'aplicació de la càrrega, el terreny ha dissipat els excessos de pressió intersticial que s'hagin pogut generar durant el procés de càrrega. En aquestes situacions s'han d'adoptar les igualtats següents:

$$c_k = c', \text{ cohesió efectiva}$$

$$\phi_k = \phi', \text{ angle de fricció efectiva}$$

$$\sigma_n = \sigma'_n, \text{ pressió normal efectiva}$$

- b) "Sense drenatge". Corresponen a les situacions que, bé per falta de drenatge, bé per l'escàs temps transcorregut des de l'aplicació de la càrrega, hi ha en el terreny les mateixes pressions intersticials que s'han generat durant el procés de càrrega. En aquestes situacions s'han d'adoptar les igualtats següents:

$$c_k = c_u, \text{ cohesió sense drenatge}$$

$$\phi_k = 0$$

$$\sigma_n = \sigma_n, \text{ pressió normal total}$$

**Resistència de pic:** Valor màxim de la resistència assolida en un procés de trencament amb tensions tangencials monòtonament creixents en el pla de trencament.

**Resistència residual:** resistència al tall d'un determinat sòl per a deformacions molt superiors a la corresponent a la resistència de pic.

**Retracció:** Disminució de volum que experimenten alguns sòls en disminuir la seva humitat.

**RMR:** Índex de classificació geomecànica dels massissos rocallosos segons Bieniaswki.

**Roca:** Agregat natural d'un o més minerals que per patir modificacions sensibles en la seva estructura en presència de l'aigua necessita períodes de temps superiors a la vida útil d'un edifici.

**Fricció negativa:** Increment de càrrega en un piló produït com a conseqüència de l'assentament del terreny que l'envolta.

**Sifonament:** Inestabilitat produïda quan la pressió exercida per un flux ascendent d'aigua iguala la deguda a la pressió de terres (i per tant s'anul·la la pressió efectiva).

---

Document bàsic SE-C Fonaments

---

**Situació de dimensionament:** Esquema simplificat d'un problema real, que inclou una definició de la geometria, les característiques dels materials i les accions. Tot això serveix de base per a la realització dels càlculs corresponents.

**Soscavació:** Erosió del terreny causada pel moviment de l'aigua.

**Subpressió:** Força ascendent produïda per l'aigua sobre una estructura, element de contenció o de fonamentació submergit.

**Sòl:** Part de l'escorça terrestre formada per materials que poden ser disgregats en partícules individuals, mitjançant l'acció de l'aigua.

**Sòl cohesiu:** Quan la proporció en el pes del contingut de fins que tinguin plasticitat és igual o superior al 35%.

**Sòl granular:** Quan la proporció en pes del contingut de sorres i graves és superior al 65%.

**Sòl normalment consolidat:** Sòl la pressió efectiva del qual és igual a la seva pressió de sobreconsolidació.

**Sòl sobreconsolidat:** Sòl la pressió efectiva actual del qual és inferior a la seva pressió de sobreconsolidació.

**Unitat geotècnica:** Cadascuna de les capes superposades del terreny que presenta característiques físiques i mecàniques comunes, relatives al seu origen, identificació dels materials que la componen, estat, resistència i deformabilitat.

## Annex B. Notació i unitats

- 1 Els símbols i termes, tant grecs com llatins, utilitzats en aquest DB-C estan definits en cada capítol.
- 2 El sistema d'unitats utilitzat en aquest DB-C és el sistema internacional (SI), oficialment vigent a Espanya. Les unitats fonamentals, juntament amb les seves abreviatures són:
  - a) massa: quilograms = kg
  - b) temps: segon = s
  - c) longitud: metre = m
  - d) temperatura: grau centígrad = °C
- 3 Com a unitats derivades s'usen:
  - a) força: Newton = N
  - b) pressió: Pascal = Pa = N/m<sup>2</sup>
- 4 Els múltiples més comuns de força i pressió són els següents:
  - a) força: kN = 10<sup>3</sup> N; MN = 10<sup>6</sup> N
  - b) pressió: kPa = 10<sup>3</sup> Pa; Mpa = 10<sup>6</sup> Pa
- 5 Altres unitats derivades són:
  - a) densitat: kg/m<sup>3</sup>, Mg/m<sup>3</sup>, t/m<sup>3</sup>
  - b) pes específic: N/m<sup>3</sup>, kN/m<sup>3</sup>
  - c) permeabilitat: m/s
  - d) consolidació: m<sup>2</sup>/s

## Annex C. Tècniques de prospecció

### C.1 Cales

- 1 S'agrupen sota aquest nom genèric les excavacions de formes diverses (pous, rases, regates, etc.) que permeten una observació directa del terreny, així com la presa de mostres i, eventualment, la realització d'assajos in situ. Aquest tipus de reconeixement es pot emprar amb:
  - a) profunditat de reconeixement moderada (< 4 m);
  - b) terrenys excavables amb pala mecànica o manualment;
  - c) absència de nivell freàtic, en la profunditat reconeguda o quan hi hagi aportacions d'aigua moderades en terrenys de baixa permeabilitat;
  - d) terrenys preferentment cohesius;
  - e) terrenys granulars en què les perforacions de petit diàmetre no serien representatives.
- 2 El reconeixement del terreny mitjançant cales és adequat quan:
  - a) es pot assolir en tots els punts l'estrat ferm o resistent amb garantia suficient;
  - b) no sigui necessari realitzar proves in situ associades a sondejos (per exemple, assajos de penetració estàndard).
- 3 Aquest mètode s'exclou quan es pugui deteriorar el terreny de suport de les futures fonamentacions o es creïn problemes d'inestabilitat per a estructures pròximes.
- 4 A les parets del terreny excavat, es poden realitzar assajos in situ com el penetròmetre de butxaca, amb la finalitat d'obtenir una indicació orientativa del comportament del terreny. D'aquesta indicació orientativa no es dedueixen, en cap cas, valors quantitius de la resistència del terreny.
- 5 En cales d'una profunditat superior a 1,5 m cap persona pot accedir a la seva inspecció o revisió si no es troben degudament apuntalades o amb una correcció de talussos adequada.

### C.2 Sondejos mecànics

- 1 Són perforacions de diàmetres i profunditat variables que permeten reconèixer la naturalesa i localització de les diferents unitats geotècniques del terreny, així com extreure'n mostres i, si s'escau, realitzar assajos a diferents profunditats. S'han d'utilitzar en els casos indicats i quan l'estudi geotècnic requereixi:
  - a) arribar a profunditats superiors a les assolibles amb cales;
  - b) reconèixer el terreny sota el nivell freàtic;
  - c) perforar capes rocalloses o d'alta resistència;
  - d) extreure mostres inalterades profundes;
  - e) realitzar proves de deformabilitat o resistència de tipus pressiomètric, molinet, penetració estàndard, etc.;
  - f) prendre mostres d'aqüífers profunds o realitzar assajos de permeabilitat in situ;
  - g) determinar valors índex de la roca en massissos rocallosos;
  - h) detectar i controlar les variacions del nivell freàtic, per a la qual cosa s'han d'instal·lar tubs piezomètrics en un nombre de sondejos suficient, com a mínim un 30% perquè el control esmentat sigui fiable.
- 2 Els sondejos mecànics es poden utilitzar per a prospeccions complementàries, com ara realitzar diagrames de resistivitat, radioactivitat natural, velocitat sònica, etc.
- 3 Els mètodes més habituals per a l'execució de sondejos mecànics són el de rotació amb extracció de testimoni continu, percussió i mitjançant barrina helicoidal (buida o massissa).
- 4 Els sondejos a rotació, mitjançant bateries simples, dobles o especials es poden utilitzar en qualsevol tipus de terreny, i és necessari utilitzar-los quan el terreny a reconèixer sigui un massís rocallós o hi hagi alternança de capes cimentades dures amb altres de menys cimentades. En la seva utilització s'ha de tenir en compte que hi poden haver problemes en el reconeixement de sòls granulars fins a sota el nivell freàtic i en el de còdols o graves grosses. També s'han d'interpretar amb cura els testimonis extrets de sòls col·lapsables sota l'acció de l'aigua d'injecció i els de roques toves de tipus sorrenc que es poden fragmentar excessivament per efecte de la rotació.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 5 Els sondejos a percussió es poden realitzar quan el terreny es pugui travessar amb l'energia disponible i el soroll associat al copejament no excedeixi els límits establerts en cada cas. En la seva utilització s'han de tenir en compte els aspectes següents:
  - a) aquest mètode està especialment indicat per reconèixer sòls granulars grossos, adaptant el diàmetre del sondeig a la mida de les graves o còdols a travessar. Normalment s'utilitzen canonades de clavaments o mostrejadors a percussió;
  - b) en el cas de sòls granulars fins s'utilitzen culleres amb tancament inferior de clapeta.
- 6 Els sondejos amb barrina helicoïdal buida o massissa es poden utilitzar quan:
  - a) no sigui necessari obtenir un testimoni continu de material no remodelat;
  - b) el terreny sigui relativament tou i cohesiu;
  - c) no hi hagi capes cimentades o de graves, ni capes arenoses fluents, sota el nivell freàtic;
  - d) no sigui necessari travessar o penetrar roques;
  - e) no es requereixi una precisió superior a  $\pm 0,5$  m en la localització en profunditat de les diferents capes;
  - f) es pugui justificar la qualitat de les mostres inalterades extretes per l'eix buit de la barrina o en el sondeig sense apuntalar en el cas de barrines massisses, en funció del que estableix la taula D.8;
  - g) se solucionin els aspectes negatius anteriors amb un altre tipus de prospeccions.
- 7 En la investigació del nivell o nivells freàtics es recomana adoptar les mesures següents:
  - a) si els sondejos mecànics són realitzats amb l'ajuda de qualsevol tipus de fluids, incloent-hi l'aigua, aquests s'han d'eliminar i purgar abans de la col·locació dels tubs piezomètrics, de manera que les mesures de control de profunditat de l'aigua no es vegin alterades i contaminades per agents externs;
  - b) s'ha de protegir la boca de les perforacions en què es disposi de canonades piezomètriques, i disposar una arqueta o tap de segellament que impedeixi l'entrada d'aigua a la perforació;
  - c) s'han d'efectuar mesures del nivell de l'aigua en la perforació en començar i acabar cada dia els treballs d'execució del sondeig mecànic i posteriorment fins que s'estabilitzin els nivells esmentats. En l'informe del reconeixement del terreny s'han de recollir aquestes mesures, juntament amb les recomanacions necessàries per al seu seguiment futur si es preveuen oscil·lacions estacionals.

### C.3 Proves contínues de penetració

- 1 Proporcionen una mesura indirecta, contínua o discontinua de la resistència o deformabilitat del terreny, i aquestes propietats es determinen a través de correlacions empíriques. Poden ser estàtiques o dinàmiques.
- 2 Per poder utilitzar un tipus de penetròmetre determinat s'exigeix que les correlacions utilitzades tinguin la garantia i justificació suficients.
- 3 A la taula D.6 s'indiquen les condicions d'utilització més apropiades de cada tipus de penetròmetre.

### C.4 Geofísica

- 1 Quan es tracti de grans superfícies a construir, i amb la finalitat d'obtenir informació complementària que ajudi a distribuir els punts de reconeixement, així com la profunditat a assolir en cadascun d'ells, es poden utilitzar les tècniques següents:
  - a) sísmica de refracció: per obtenir informació sobre la profunditat a què es troben el nivell freàtic i la unitat geotècnica resistent, sempre que es tracti de formacions relativament horitzontals (capbussament inferior a  $15^\circ$ ) i la velocitat,  $v_p$ , de les ones P augmenti amb la profunditat. El valor  $v_p$  que s'obtingui en cadascuna de les capes analitzades es pot utilitzar per estimar-ne el grau de ripabilitat;
  - b) resistivitat elèctrica: tècnica SEV "sondeig elèctric vertical" per obtenir informació sobre la profunditat del nivell freàtic i els gruixos de les diferents capes horitzontals del terreny (ASTM: G 57-78). Tècnica tomografia elèctrica per identificar els diferents nivells del subsòl

## Document bàsic SE-C Fonaments

- i els seus canvis laterals, identificació del nivell freàtic (detecció de cavitats o desenvolupaments càrstics);
- c) altres tècniques geofísiques com ara georadar (per obtenir informació sobre serveis enterrats, conduccions, dipòsits, fluids, nivell freàtic, unitats geològiques i canvis laterals de les litologies), magnetometria, VLF, cales electromagnètiques, gravimetria, etc., que puguin aportar una informació addicional.
- 2 En zones càrstiques o quan se sospiti l'existència de cavitats relativament superficials es poden utilitzar, a més de les esmentades abans, tècniques microgravimètriques sempre que es donin les condicions ambientals adequades i s'utilitzin equips que permetin expressar els perfils finals de les anomalies de Bouguer en unitats de  $10^{-7}$  m/s<sup>2</sup>.
- 3 La realització, processament i interpretació dels treballs recollits en els tres apartats anteriors s'han de portar a terme tenint en compte els avantatges i les limitacions que comporta l'ús de tècniques geofísiques i integrant els resultats en el marc geològic, geotècnic i morfològic de l'àrea estudiada.
- 4 En zones sísmiques i per a edificis dels tipus C-1 i C-2 es recomana la utilització d'assajos *down-hole* o *cross-hole* (norma ASTM: D 4428) amb la finalitat d'identificar la velocitat de propagació  $v_s$  de les ones S que permet classificar les diferents unitats geotècniques d'acord amb la Norma de construcció sismoresistent NCSE vigent. Per a edificis dels tipus C-2 i C-3 és obligatòria la realització d'aquests tipus d'assajos quan l'acceleració sísmica bàsica sigui superior a 0,08 g.
- 5 Els assajos *cross-hole* i *down-hole* també es poden utilitzar per caracteritzar la deformabilitat d'argiles preconsolidades i sòls amb un percentatge apreciable de grava grossa, palets i còdols, tal com s'indica al capítol 4.
- 6 Amb la finalitat de contribuir a una millor definició dels perfils geotècnics del terreny millorant les correlacions que es puguin establir entre les diferents unitats geotècniques, per a la realització de l'estudi geotècnic es pot exigir la testificació geofísica dels sondejos que es realitzin, i per a això s'ha d'elegir la combinació més adequada de les diagrames següents:
- a) gamma-natural;
  - b) gamma-gamma;
  - c) neutró-neutró;
  - d) resistivitat i potencial espontani;
  - e) sònica;
  - f) tèrmica.



## Annex D. Criteris de classificació, correlacions i valors orientatius tabulats de referència

### D.1 Criteris de classificació

Taula D.1. Classificació de sòls

Sòls grossos <sup>(1)</sup>		
Graves	Grosses	20,0-60,0 mm
	Mitjanes	6,0-20,0 mm
	Fines	2,0-6,0 mm
Sorres <sup>(2)</sup>	Grosses	0,60-2,00 mm
	Mitjanes	0,20-0,60 mm
	Fines	0,06-0,20 mm
Sòls fins <sup>(1)</sup>		
Llims	Grossos	0,020-0,060 mm
	Mitjans	0,006-0,020 mm
	Fins	0,002-0,006 mm
Argiles <sup>(4)</sup>	< 0,002 mm	

(1) Amb més del 50% de les partícules distingibles a simple vista (aprox. 0,1 mm).

(2) En funció de les dades de què es disposi d'assajos SPT les sorres es poden classificar tal com s'indica a la taula D.2.

(3) Amb més del 50% de les partícules no distingible a simple vista (aprox. 0,1 mm).

(4) En funció de les dades de què es disposi i de la resistència a la compressió simple les argiles es poden classificar tal com s'indica a la taula D.3.

Taula D.2. Compacitat de les sorres

Classificació	Índex $N_{SPT}$
Molt fluixa	< 4
Fluixa	4-10
Mitjana	11-30
Densa	31-50
Molt densa	>50

Taula D.3. Consistència de les argiles

Classificació	Resistència a la compressió simple $q_u$ (kPa)
Molt tova	0-25
Tova	25-50
Mitjana	50-100
Ferma	100-200
Molt ferma	200-400
Dura	> 400

## Document bàsic SE-C Fonaments

Taula D.4. Classificació de roques<sup>(1)</sup>

**Roques sedimentàries:** conglomerats, gresos, limolites, argil·lites, margues, calcàries, calcàries margoses, calcarenites, dolomies, guixos.

**Roques metamòrfiques:** quarsites, pissarres, esquistos, gneis, cornianes.

**Roques plutòniques:** granits, diorites, gabres, pòfirs, peridotites.

**Roques volcàniques:** basalts, fonolites, piroclasts, traquites, ofites, riolites, andesites, dacites.

<sup>(1)</sup> A la taula D.5 es proporcionen els criteris de la Societat Internacional de Mecànica de Roques per classificar les roques segons el grau de meteorització.

Taula D.5. Grau de meteorització de les roques (ISRM)

Grau	Denominació	Criteri de reconeixement
I	Roca sana o fresca	La roca no presenta signes visibles de meteorització, hi poden haver lleugeres pèrdues de color o petites taques d'òxids en els plans de discontinuïtat
II	Roca lleugerament meteoritzada	La roca i els plans de discontinuïtat presenten signes de descoloriment. La roca pot estar descolorida a la paret de les juntures però no és notori que la paret sigui més feble que la roca sana
III	Roca moderadament meteoritzada	La roca està descolorida a la paret. La meteorització comença a penetrar cap a l'interior de la roca des de les discontinuïtats. El material és notablement més feble a la paret que a la roca sana. Material feble <50% del total
IV	Roca meteoritzada o molt meteoritzada	Més de la meitat del material està descompost en un sòl. Apareix roca sana o lleugerament meteoritzada de forma discontinua
V	Roca completament meteoritzada	Tot el material està descompost en un sòl. L'estructura original de la roca es manté intacta
VI	Sòl residual	La roca està totalment descomposta en un sòl i no s'hi pot reconèixer ni la textura ni l'estructura original. El material roman in situ i hi ha un canvi de volum important

ISRM: Societat Internacional de Mecànica de Roques

Taula D.6. Utilització de les proves de penetració

Tipus de penetròmetre	Principi de funcionament	Tipus	Sòl més idoni	Terreny en què és impracticable
Estàtic	Mesurament de la resistència a la penetració d'una punta i una tija mitjançant pressió	CPTC CPTU UNE 103804 :1993	Argiles i llims molt tous. Sorres fines soltes a densos sense graves	Roques, còdols, graves, sòls cimentats. Argiles molt dures. Sorres molt compactes. Sòls molt preconsolidats i/o cimentats
Dinàmic	Mesurament de la resistència a la penetració d'una barrina mitjançant copejament amb una energia normalitzada	DPH UNE 103802:1998 BORRO	Sorres soltes a mitges. Llms arenosos fluïxos a mitjans	Roques, còdols, croses, sòls molt cimentats. Conglomerats
		DPSH UNE 103801:1994	Sorres mitjanes a molt compactes. Argiles preconsolidades sobre el NF. Graves argiloses i arenoses	Roques, còdols, conglomerats

## Document bàsic SE-C Fonaments

Taula D.7. Utilització dels assajos in situ

	Tipus	Descripció	Utilització per determinar
En sondeig	Assaig de penetració estàndard (SPT) UNE 103800:1992	Nre. de cops $N_{SPT}$ per clavar 30 cm d'un cilindre buit de dimensions normalitzades. Copejament amb maça de 63,5 kg caient des de 76 cm	Compacitat de sòls granulars. Densitat relativa. Angle de fricció interna en sòls granulars Resistència d'argiles preconsolidades per damunt del nivell freàtic
	Assaig de molinet (Vane Test) ENV-199-3	Rotació d'unes aspes disposades a 90° i introduïdes en el terreny, mesurant el parell necessari per fer-les girar fins que es produeix el tall del sòl	Per determinar la resistència al tall d'argiles toves per damunt o per sota del nivell freàtic
	Assaig pressiomètric (PMT) ENV-199-3	Dilatació, per gas a pressió, d'una cèl·lula cilíndrica contra les parets d'un sondeig mesurant la deformació volumètrica corresponent a cada pressió fins a arribar, eventualment, al trencament del terreny	Pressió límit i deformabilitat de sòls granulars, argiles dures, etc.
	Assaig Lefranc	Mesura del cabal d'aigua bombada al terreny a través d'un tram de sondeig de 50 cm	Permeabilitat de sòls
	Assaig Lugeon	Mesura dels cabals bombats a un tram de sondeig, a pressions escalonades, durant un temps de 10 min.	Permeabilitat de roques moderadament fissurades
En superfície o pou	Assaig de càrrega amb placa <sup>(1)</sup> ENV-199-3	Mesura dels assentaments d'una placa rígida quadrada o circular en anar aplicant-hi càrregues creixents, arribant o no al trencament del terreny	Relació pressió-assentament en sòls granulars, per a la placa utilitzada <sup>(1)</sup> Coeficient de balast de qualsevol terreny Capacitat portant sense drenatge de sòls cohesius
En pou	Assaig de bombament	Mesura de la transmissivitat i coeficient d'emmagatzematge de l'aquífer a la zona d'influència del pou	Capacitat d'esgotament o rebaixament del nivell freàtic

<sup>(1)</sup> L'assaig de càrrega amb placa s'ha d'interpretar amb les lògiques reserves degudes a la diferència entre les dimensions de la placa i la de la fonamentació projectada (vegeu l'apartat E.5; figura E.8).

Taula D.8. Tipus i categoria dels mostrejadors

Tipus de mostreig	Tipus de mostrejador	Dimensions Valors mínims	Mètode de clavament	Tipus de sòl idoni	Categoria	Tipus de sòl en què no és practicable
Manual en	Bloc o caixa	Cub de 200 mm	Tallada a mà	Sòls cohesius de consistència mitjana a dura	A	Sorres fluïxes. Sòls disgregables. Graves
	En sac	1 kg	Pic i pala	Argiles, sorres, graves, crostes	C	

## Document bàsic SE-C Fonaments

cales	Cilindre	$\phi \geq 150$ mm	Percussió a mà	Sòls cohesius de consistència tova a mitjana. Sorra i graveta	B	Còdols Crostes
	Obert de paret prima (Shelby)	$\phi \geq 70$ mm	Pressió	Sòls cohesius de consistència tova a mitjana. Sorres sobre el nivell freàtic no molt compactes	A	Grava. Sorres sota el nivell freàtic. Sòls argilosos de consistència dura. Sòls estratificats grossos
	Obert seccionat de paret semiprima sense o amb dispositiu de retenció	$\phi \geq 80$ mm	Pressió Percussió	Com l'anterior amb elements grossos fins a 10 mm. Sorres amb fins compactes sota el nivell freàtic. Sòls cohesius de consistència mitjana a molt ferma	A/B	Grava grossa. Sorres sota el nivell freàtic. Sòls argilosos de consistència dura. Sòls estratificats gruixuts
Mecànic en sondeig	Obert bipartit de paret gruixuda sense o amb dispositiu de retenció	$\phi \geq 80$ mm	Percussió	Com l'anterior amb elements grossos fins a 30 mm. Sorra neta sota el nivell freàtic. Sòls cohesius de consistència dura	A/B	
	Bateria senzilla de perforació	$\phi \geq 86$ mm	Rotació	Sòls argilosos de consistència dura. Roques no negligibles	C	Grava, còdols, sorres. Argiles toves a mitges
	Tub doble/triple	$\phi \geq 86$ mm	Rotació	Sòls argilosos de consistència dura. Roques toves o disgregables	B/A	Graves, còdols, sorres. Argiles molt toves a compactes

## Document bàsic SE-C Fonaments

Taula D.9. Classificació de la roca matriu

Assaig de resistència aproximat	Qualificació de la resistència a la compressió simple <sup>(1)</sup>	Valor estimat $q_u$ (MPa)
Es pot ratllar amb l'ungla	Especialment feble	< 1
Es trenca amb cops de martell moderats	Molt baixa	1 a 5
Es pot ratllar amb la navalla		
Es ratlla difícilment amb la navalla	Baixa	5 a 25
No es pot ratllar amb la navalla	Mitjana	25 a 50
Es pot trencar amb un cop de martell		
Es requereixen diversos cops de martell per trencar-la	Alta	50 a 100
Difícil de trencar amb el martell de geòleg	Molt alta	100 a 250
Amb el martell de geòleg només es poden produir alguns resquills	Extremament alta	> 250

<sup>(1)</sup>Alternativament, per obtenir una indicació ràpida de la resistència a la compressió simple, es recomana la utilització del martell Schmidt (escleròmetre de mà).

Taula D.10. Obertura de les discontinuïtats

Qualificatiu		
General	De detall	Obertura
Juntures tancades	Molt tancades	< 0.1 mm
	Tancades	0,1 a 0,25 mm
	Parcialment obertes	0,25 a 0,50 mm
Massís rocallós esquerdat	Obertes	0,50 a 2,5 mm
	Bastant obertes	2,5 a 10 mm
	Obertura àmplia	> 1 cm
Juntures obertes	Obertura molt àmplia	1 a 10 cm
	Obertura especialment àmplia	10 a 100 cm
	Estructura buida	> 1 m

Taula D.11. Rugositat de les discontinuïtats

A gran escala, en longituds de l'ordre del metre, es qualifica la junta d'alguna de les maneres següents:

Escalonada, ondulada o plana.

A menor escala, en longituds de l'ordre de centímetres s'aplica algun dels qualificatius següents:

Rugosa, suau o especular.

Taula D.12. Rebliment de les discontinuïtats

- Classe 1: Rebliment sec i de baixa permeabilitat
- Classe 2: Rebliment humit sense presència d'aigua lliure
- Classe 3: Rebliment molt humit amb aportació d'aigua lliure
- Classe 4: Rebliment rentat amb flux continu d'aigua
- Classe 5: Rebliment soscavat amb importants vies d'aigua

## Document bàsic SE-C Fonaments

Taula D.13. Espaiament de les discontinuïtats

Qualificatiu	Espaiament (cm)
Especialment petit	< 2
Molt petit	2 a 6
Petit	6 a 20
Moderat	20 a 60
Ampli	60 a 200
Molt ampli	200 a 600
Especialment ampli	> 600

Taula D.14. Índex de fractura  $I_f$ 

Qualificatiu	Nre. de diàclasis per m <sup>3</sup>
Massiu	< 1
Poc diaclasat	1 a 3
Mitjanament diaclasat	3 a 10
Bastant diaclasat	10 a 30
Molt diaclasat	30 a 60
Triturat	> 60

Taula D.15. Persistència de les discontinuïtats

Qualificatiu	Persistència (m)
Molt petita	< 1
Escassa	1 a 3
Mitjana	3 a 10
Alta	10 a 20
Molt alta	> 20

Taula D.16. Classificació segons l'RQD

Classificació	Valor de l'RQD (%)
Molt mala qualitat	< 25
Mala qualitat	25-50
Mitjana qualitat	50-75
Bona qualitat	75-90
Excel·lent	90-100

Taula D.17. Presència d'aigua a les discontinuïtats

Classe 1: No hi ha possibilitat de fluxos d'aigua
Classe 2: No hi ha signes d'aigua
Classe 3: Signes d'haver-hi fluxos d'aigua (taques d'òxid)
Classe 4: Humectacions
Classe 5: Filtracions
Classe 6: Flux continu d'aigua

## Document bàsic SE-C Fonaments

Taula D.18. Assajos de laboratori. Sòls

Propietat	Assajos	Norma
Identificació	Granulometria per sistema de tirants d'ancoratge	UNE 103101 :1995
	Granulometria per sedimentació	UNE 103102 :1995
	Comprovació de la no-plasticitat	UNE 103104 :1993
	Límit líquid	UNE 103103 :1994
	Límit plàstic	UNE 103104 :1993
	Límit de retracció	UNE103108 :1996
Estat	Humitat natural	UNE 103300 :1993
	Pes específic aparent	UNE103301 :1994
	Pes específic de les partícules	UNE103302 :1994
Resistència	Compressió simple	UNE 103400 :1993
	Tall directe consolidat i drenat (CD)	UNE103401 :1998
	Tall directe sense consolidar i sense drenar (UU)	UNE103401 :1998
	Triaxial en qualsevol situació de consolidació i drenatge	UNE 103402 :1998
Deformabilitat	Assaig edomètric	UNE103405 :1994
Col·lapsabilitat	Inundació en edòmetre	NLT254 :1999
Expansivitat	Pressió d'inflament nul en edòmetre	UNE 103602 :1996
	Inflament lliure en edòmetre	UNE 103601 :1996
	Assaig Lambe	UNE 103600 :1996
Compactació	Proctor normal	UNE 103500 :1994
	Proctor modificat	UNE 103501 :1994
Contingut químic	Contingut en carbonats	UNE 103200 :1993
	Contingut qualitatiu de sulfats	UNE 103202 :1995
	Contingut en matèria orgànica	UNE 103204 :1993

Taula D.19. Assajos de laboratori. Roca matriu

Propietat	Assajos	Norma
Estat	Humitat natural	ISRM part 1:1977
	Porositat	ISRM part 1:1977
	Densitat	ISRM part 1:1977
	Absorció	ISRM part 1:1977
Resistència	Compressió simple	UNE 22-950 1a part:1990
	Càrrega puntual	NLT 225 :1996
	Brasiler	UNE 22-950 2a part :1990
	Resistència al tall en discontinuïtats	
Durabilitat	Ensorrament	NLT 255 :1996
	Cicles de sequedat-humitat	NLT 251:1996
Petrografia	Làmina prima	-

## Document bàsic SE-C Fonaments

Taula D.20. Denominació matisada de sòls granulars<sup>(1)</sup>

Percentatge de fins &lt; 35%

Denominació		% d'argila i llim
Nom principal	Grava o sorra	-
Nom secundari	Sorrenca o amb grava	-
Amb indicis de	Llims o argiles	1-10
Una mica	Llimosa o argilosa	10-20
Bastant	Llimosa o argilosa	25-35

<sup>(1)</sup> Els termes argila i argilosa de la taula s'han d'emprar quan es tracta de fins plàstics i els termes llim i llimosa, quan els fins no són plàstics o poc plàstics segons el criteri de Casagrande.

Taula D.21. Denominació matisada de sòls fins

Percentatge de fins &gt; 35%

Denominació		% de sorra i grava
Nom principal	Argila o llim	< 35
Nom secundari	Sorrenc/a o amb grava	35-65

Taula D.22. Classificació de l'agressivitat química de sòls, roques i aigües (EHE)

Tipus de medi agressiu	Paràmetres <sup>(1)</sup>	Tipus d'exposició		
		Q <sub>a</sub> Atac feble	Q <sub>b</sub> Atac mitjà	Q <sub>c</sub> Atac fort
Aigua	Valor del pH	6,5-5,5	5,5-4,5	< 4,5
	CO <sub>2</sub> agressiu (mg CO <sub>2</sub> /l)	15-40	40-100	> 100
	Ió amoni (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l)	15-30	30-60	> 60
	Ió magnesi (mg Mg <sup>2+</sup> /l)	300-1000	1000-3000	> 3000
	Ió sulfat (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l)	200-600	600-3000	> 3000
	Residu sec a 110° C (mg/l)	75-150	50-75	< 50
Sòl	Grau d'acidesa Baumann-Gully	> 20	-( <sup>1</sup> )	-( <sup>1</sup> )
	Ió sulfat (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /kg de sòl sec)	2000-3000	3000-12000	> 12000

<sup>(1)</sup> Aquestes condicions no es donen a la pràctica.

Taula D.23. Valors orientatius de N<sub>SPT</sub>, resistència a la compressió simple i mòdul d'elasticitat de sòls

Tipus de sòl	N <sub>SPT</sub>	q <sub>u</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	E (MN/m <sup>2</sup> )
Sòls molt fluixos o molt tous	< 10	0 - 80	< 8
Sòls fluixos o tous	10 - 25	80 - 150	8 - 40
Sòls mitjans	25 - 50	150 - 300	40 - 100
Sòls compactes o durs	50 - Rebuig	300 - 500	100 - 500
Roques toves	Rebuig	500 - 5.000	500 - 8.000
Roques dures	Rebuig	5.000 - 40.000	8.000 - 15.000
Roques molt dures	Rebuig	> 40.000	>15.000

Taula D.24. Valors orientatius del coeficient de Poisson

Tipus de sòl	Coeficient de Poisson
Argiles toves normalment consolidades	0,40



## Document bàsic SE-C Fonaments

Argiles mitjanes	0,30
Argiles dures preconsolidades	0,15
Sòs i sòls granulars	0,30

Taula D.25. Pressions admissibles a efectes orientatius

Terreny	Tipus i condicions	Pressió admissible [Mpa]	Observacions
Roques	Roques ígnies i metamòrfiques sanes <sup>(1)</sup> (granit, diorita, basalt, gneis)	10	Per als valors apuntats se suposa que la fonamentació se situa sobre roca no meteoritzada
	Roques metamòrfiques foliades sanes <sup>(1), (2)</sup> (Esquistos, pissarres)	3	
	Roques sedimentàries sanes <sup>(1), (2)</sup> : Pissarres cimentades, limolites, gresos, calcàries sense carstificar, conglomerats cimentats	1 a 4	
	Roques argiloses sanes <sup>(2), (4)</sup>	0,5 a 1	
	Roques diaclasades de qualsevol tipus amb espaïament de discontinuïtats superior a 0,30 m, excepte roques argiloses	1	
	Calcàries, gresos i roques pissarroses amb petit espaïament dels plans d'estratificació <sup>(3)</sup>	-	
	Roques molt diaclasades o meteoritzades <sup>(3)</sup>	-	
Sòls granulars (% fins inferior al 35% en pes)	Graves i mesclades de sorra i grava, molt denses	>0,6	Per a amplades de fonamentació (B) superiors o iguals a 1 m i un nivell freàtic situat a una profunditat més gran de l'amplada de la fonamentació (B) per sota d'aquesta
	Graves i mesclades de grava i sorra, mitjanament denses a denses	0,2 a 0,6	
	Graves i mesclades de sorra i grava, soltes	<0,2	
	Sorra molt densa	>0,3	
	Sorra mitjanament densa	0,1 a 0,3	
	Sorra solta	<0,1	
Sòls fins (% de fins superior al 35% en pes)	Argiles dures	0,3 a 0,6	Els sòls fins normalment consolidats i lleugerament sobreconsolidats en què calgui esperar assentaments de consolidació han de ser objecte d'un estudi especial. Els sòls argilosos potencialment expansius han de ser objecte d'un estudi especial
	Argiles molt fermes	0,15 a 0,3	
	Argiles fermes	0,075 a 0,15	
	Argiles i llims tous	<0,075	
	Argiles i llims molt tous		
Sòls orgànics		Estudi especial	
Rebliments		Estudi especial	

<sup>(1)</sup> Els valors indicats són aplicables per a estratificació o foliació subhoritzontal. Els massissos rocallosos amb discontinuïtats inclinades, especialment pels voltants de talussos, han de ser objecte d'anàlisi especial.

<sup>(2)</sup> S'admeten petites discontinuïtats amb espaïament superior a 1 m.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- (3) Aquests casos han de ser investigats in situ.
- (4) Aquestes roques són susceptibles d'inflar per efecte de la relaxació de tensions associada a les excavacions. També són susceptibles de reblanir-se per efecte de l'exposició a l'aigua.

Taula D.26. Valors orientatius de densitats de sòls

Tipus de sòl	$\gamma_{\text{sat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )
Grava	20 – 22	15 – 17
Sorra	18 – 20	13 – 16
Llim	18 – 20	14 – 18
Argila	16 – 22	14 – 21

Taula D.27. Propietats bàsiques dels sòls

Classe de sòl		Pes específic aparent (kN/m <sup>3</sup> )	Angle de fricció interna
<b>Terreny natural</b>	Grava	19 – 22	34° - 45°
	Sorra	17 – 20	30° - 36°
	Llim	17 – 20	25° – 32°
	Argila	15 – 22	16° – 28°
<b>Rebliments</b>	Terra vegetal	17	25°
	Terraplè	17	30°
	Pedraplè	18	40°

Taula D.28. Valors orientatius del coeficient de permeabilitat

Tipus de sòl	$k_z$ (m/s)
Grava neta	$> 10^{-2}$
Sorra neta i mescla de grava i sorra neta	$10^{-2} - 10^{-5}$
Sorra fina, llim, mescles de sorres, llims i argiles	$10^{-5} - 10^{-9}$
Argila	$< 10^{-9}$

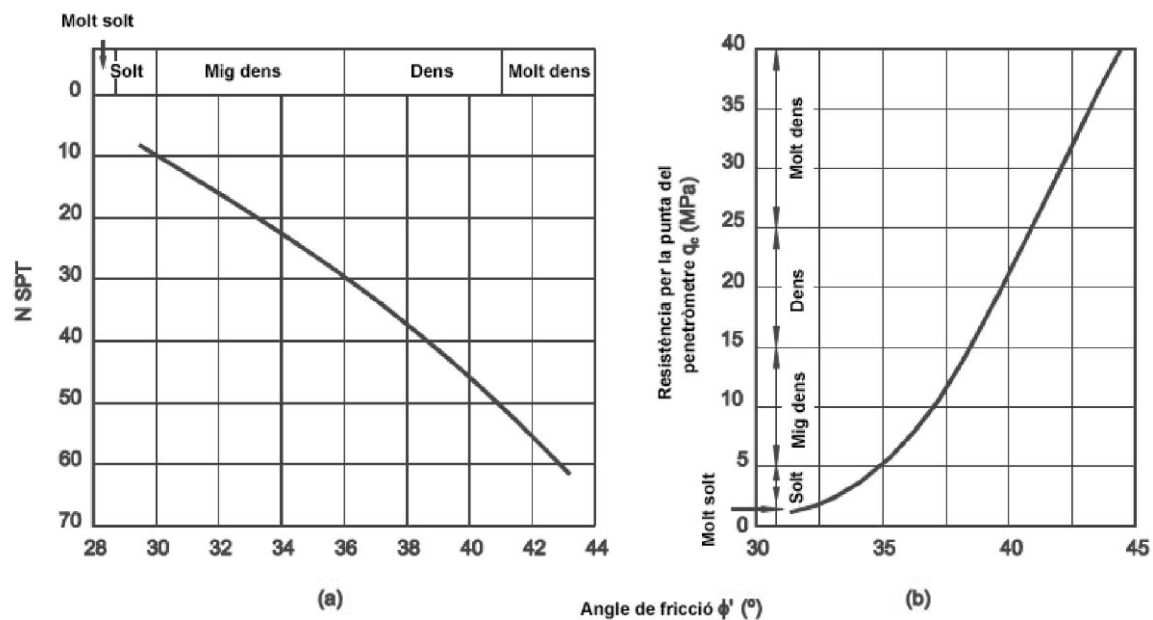


Figura D.1. Correlació entre els assajos SPT i CPT amb l'angle de fricció interna efectiu en sòls granulars

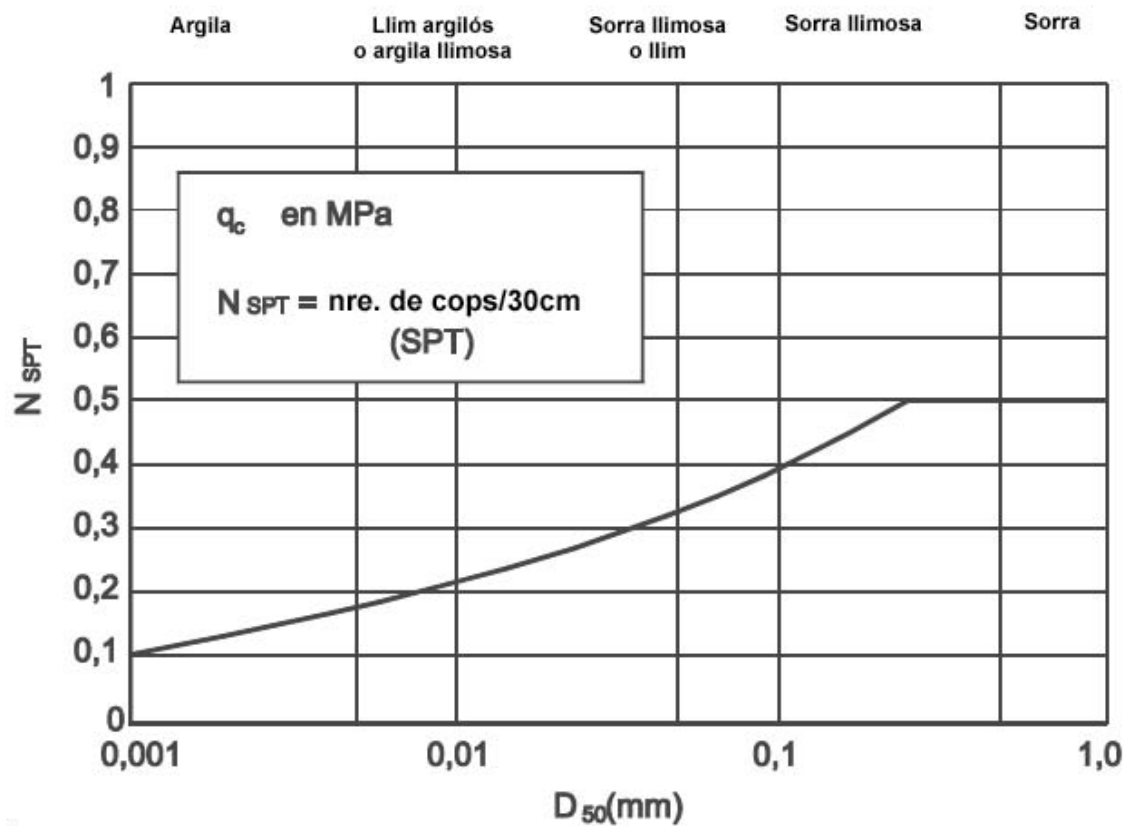


Figura D.2. Correlació entre els assajos SPT i CPT

Taula D.29. Valors orientatius del coeficient de balast,  $K_{30}$ 

Tipus de sòl	$K_{30}$ (MN/m <sup>3</sup> )
Argila tova	15 – 30
Argila mitjana	30 – 60
Argila dura	60 – 200
Llim	15 – 45
Sorra fluixa	10 – 30
Sorra mitjana	30 – 90
Sorra compacta	90 – 200
Grava sorrenca fluixa	70 – 120
Grava sorrenca compacta	120 – 300
Margues argiloses	200 – 400
Roques una mica alterades	300 – 5.000
Roques sanes	>5.000

## Annex E. Interacció sòl-estructura

### E.1 Concepte de rigidesa relativa terreny-estructura

- 1 Per il·lustrar el fenomen de la interacció, la figura E.1 a) mostra el cas senzill d'una sabata, infinitament flexible, recolzada directament sobre la superfície d'un terreny horitzontal, sobre la qual s'aplica una pressió uniforme. Per efecte d'aquesta, el terreny i la sabata pateixen un assentament, que resulta més gran al centre que als extrems i no es limita a l'àrea carregada, sinó que s'estén als dos costats d'aquesta fins a una certa distància. Pel fet de ser infinitament flexible, la sabata no és capaç de suportar moments flectors i, en conseqüència, la distribució de pressions amb què el terreny reacciona és idèntica a la distribució uniforme de pressions col·locada sobre la sabata.
- 2 Si, al contrari, la sabata fos infinitament rígida (vegeu la figura E.1 b), l'assentament de la sabata seria uniforme. En casos intermedis de rigidesa, el valor mitjà de l'assentament pot ser similar a l'anterior, però la seva distribució està, evidentment, condicionada per la rigidesa del fonament. Així, sota els extrems de la sabata (zones AB i CD), l'assentament és més gran que el corresponent a la sabata flexible, mentre que al centre (zona BC), l'assentament és menor. En conseqüència, les pressions de resposta del terreny als extrems de la sabata rígida són superiors a les corresponents a la sabata flexible i, per contra, són menors al centre. Així resulta una distribució no uniforme de pressions, caracteritzada per uns valors màxims als extrems i un valor mínim al centre.

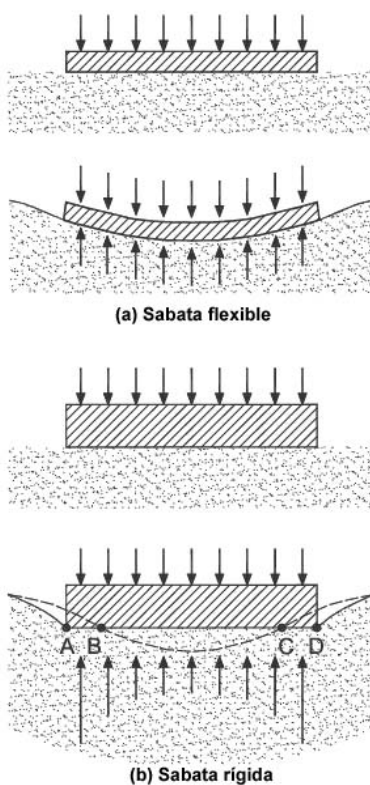


Figura E.1. Distribució de pressions en fonamentacions flexibles i rígides

- 3 Si el terreny es considerés elàstic i de resistència indefinida, la pressió sota les vores A i D de la sabata rígida seria infinita. Atès que la resistència del terreny és limitada, aquestes pressions poden ser elevades, però tenen un valor finit. En el cas d'argiles (vegeu la figura E.2.a), la distribució de pressions és en general molt semblant a la teòrica de l'exemple anterior. Tanmateix, la resistència limitada del terreny produeix als extrems unes zones de plastificació que atenuen les pressions de vora i les redistribueixen cap al centre de la sabata. En el cas de sorres, com que

la falta de confinament en la vora de la sabata, suposada aquesta en superfície, no permetria el desenvolupament de pressions elevades, la distribució pren en general la forma parabòlica que s'indica a la figura E.2.b.

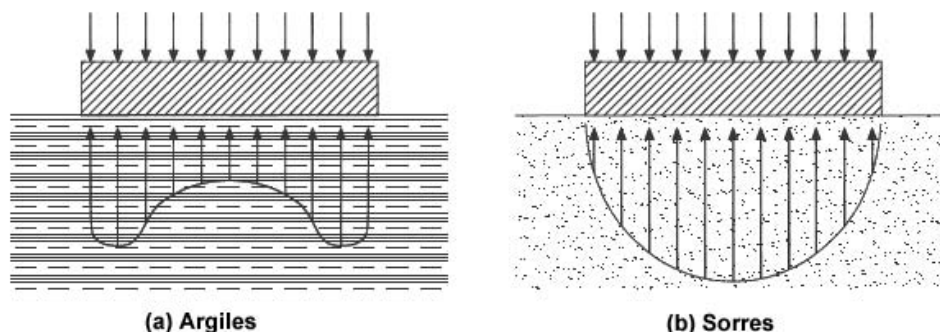


Figura E.2. Distribució de pressions en sabates rígides sobre argiles i sorres

## E.2 Estimació de les condicions de rigidesa relativa terreny-estructura

- 1 La rigidesa relativa de l'estructura respecte al terreny es pot estimar mitjançant l'avaluació del factor  $K_r$  definit en l'expressió (E.1).

$$K_r = \frac{E_E \cdot I_B}{E_s \cdot B^3} \quad (\text{E.1})$$

on:

$E_E$  és el mòdul de deformació global representatiu dels materials utilitzats en l'estructura;

$I_B$  és el moment d'inèrcia de l'estructura, per metre d'amplada;

$E_s$  és el mòdul de deformació del terreny;

$B$  és l'amplada de la fonamentació.

- 2 El numerador de l'expressió (E.1) representa la rigidesa de l'estructura per metre d'amplada de l'edifici, que es pot estimar sumant les rigideses de la fonamentació i dels elements estructurals que hi graviten (bigues, forjats, murs).
- 3 Als efectes d'aquest DB, es considera que l'estructura és rígida en relació amb el terreny quan  $K_r > 0,5$ . Si  $K_r < 0,5$ , es considera flexible.

## E.3 Criteris de rigidesa per a fonamentacions directes

- 1 Es pot considerar que una sabata aïllada és rígida (concepte de rigidesa relativa) quan, als efectes de càlcul, la distribució de pressions a que doni lloc sobre el terreny es pugui considerar lineal. A efectes pràctics, es considera acceptable la hipòtesi de rigidesa relativa quan (figura E.3):

$$v \leq \frac{\pi}{4} \sqrt[4]{\frac{4E_c I_c}{B k_{sB}}} \quad (\text{E.2})$$

on:

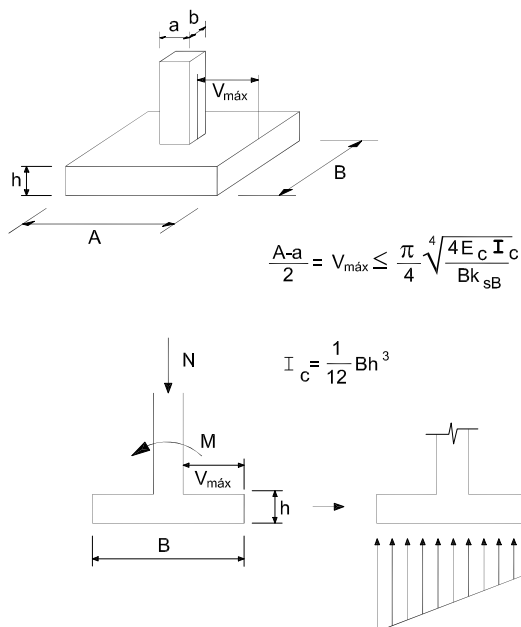
$v$  és el vol de la sabata en una direcció qualsevol;

$E_c$  és el mòdul de deformació del material de la sabata (usualment formigó armat) representatiu del tipus de càrrega i la seva durada;

$I_c$  és el moment d'inèrcia de la secció de la sabata perpendicular a la direcció del vol considerat respecte a l'horitzontal que passa pel seu centre de gravetat;

$B$  és l'amplada de la sabata en direcció perpendicular al vol considerat.

$k_{sB}$  és el mòdul de balast de càlcul, representatiu de les dimensions del fonament (vegeu l'apartat E.5).



**Figura E.3. Criteri de rigidesa relativa per a sabates aïllades**

- 2 La condició expressada a l'apartat anterior també és aplicable al cas de sabates contínues en la direcció transversal a aquesta.
- 3 En el cas que no es compleixi, la sabata es considera flexible, i la distribució de pressions sobre el terreny i els seus esforços s'obtenen a partir de models de càlcul que considerin la interacció sòl-estructura.
- 4 La condició del paràgraf 1 d'aquest apartat se sol verificar amb els cantells i vols usuals en sabates aïllades sobre sòls. En qualsevol cas s'ha de comprovar el compliment d'aquesta condició si es vol efectuar el càlcul amb la hipòtesi de distribució lineal de pressions sobre el terreny.
- 5 Llevat del cas de sabates aïllades sobre sòls molt rígids o sobre roca, el compliment de la rigidesa estructural definida al paràgraf 4 de l'apartat 4.1.1 sol ser més restrictiu que la condició de rigidesa relativa definida al paràgraf 1 d'aquest apartat.
- 6 En el cas general que sobre una sabata aïllada actuïn moments a més de càrregues verticals, es recomana que la resultant de les accions passi pel nucli central d'inèrcia.
- 7 Es considera que una sabata combinada o contínua és rígida quan als efectes de càlcul la distribució de pressions a que dóna lloc sobre el terreny es pugui considerar lineal. A efectes pràctics es considera acceptable la hipòtesi de rigidesa relativa quan (vegeu la figura E.4):

$$\ell \leq \frac{\pi}{2} \sqrt[4]{\frac{4E_c I_c}{Bk_{sB}}} \quad (E.3)$$

$$v \leq \frac{\pi}{4} \sqrt[4]{\frac{4E_c I_c}{Bk_{sB}}} \quad (E.4)$$

on:

- $\ell$  és la llum de l'obertura que separa els dos pilars d'una sabata combinada o dos pilars qualssevol d'una sabata contínua;
- $v$  és la llum de qualsevol voladís en la direcció longitudinal;
- $B$  és l'amplada de la sabata (direcció transversal);
- $E_c$  és el mòdul de deformació del material de la sabata (usualment formigó armat) representatiu del tipus de càrrega i la seva durada.

## Document bàsic SE-C Fonaments

$I_c$  és el moment d'inèrcia de la sabata en un pla vertical, transversal (perpendicular al pla d'alineació de pilars), respecte a l'horitzontal que passa pel seu centre de gravetat.

$k_{sB}$  és el mòdul de balast de càlcul, representatiu de les dimensions del fonament (vegeu l'apartat E.5).

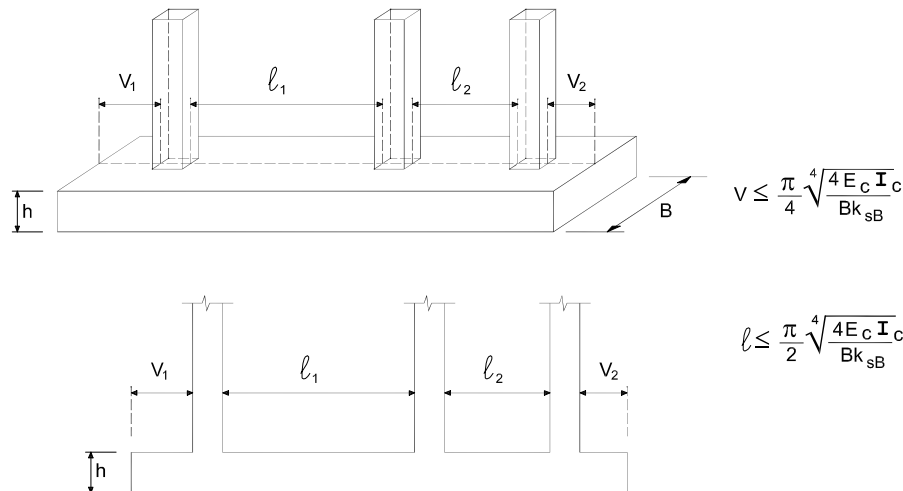


Figura E.4. Criteri de rigidesa relativa per a sabates combinades i contínues

- 8 En cas que no es compleixi la condició anterior la sabata es considera flexible.
- 9 Als efectes de càlcul i per als cantells habituals, les sabates contínues que s'utilitzin per al suport de 3 o més pilars, els engraellats i les lloses s'han de dissenyar mitjançant l'ús de models de càlcul que tinguin en compte la interacció sòl-estructura. No obstant això, es considera que aquests elements són rígids i que la distribució de pressions a terra és lineal quan es compleixin simultàniament les condicions de rigidesa definides al paràgraf 3 de l'apartat E.2 i al paràgraf 7 d'aquest apartat.

## E.4 Altres factors a considerar en la interacció sòl-estructura

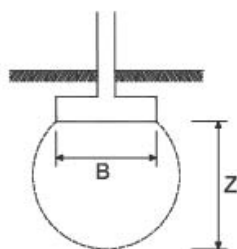
### E.4.1 Influència del tipus de terreny

- 1 Atès que el tipus de terreny pot condicionar la distribució de pressions sota la fonamentació, aquest efecte es pot tenir en compte, segons el parer del projectista, en casos especials de fonamentacions de gran rigidesa sobre terrenys argilosos sobreconsolidats.
- 2 Els fonaments sobre sòls argilosos saturats que sota l'efecte de les sol·licitacions de l'estructura puguin quedar sotmesos a un procés d'assentament diferit en el temps han de ser objecte d'un estudi especial. En aquest estudi s'ha de considerar l'assentament després de la construcció de l'edifici, així com l'assentament diferit originat al llarg del procés de consolidació.

### E.4.2 Influència de la mida de la fonamentació

- 1 L'increment de pressió transmès al terreny per una fonamentació directa disminueix progressivament en profunditat amb la distància a aquesta. Als efectes de càlcul i llevat del cas de sòls tous, es pot suposar que el límit d'interès se circumscriu a punts del terreny en què l'increment de la pressió vertical resulti superior o igual al 10% de la pressió mitjana de contacte sota la fonamentació.
- 2 El lloc geomètric de l'espai de sòl definit a l'apartat anterior es denomina habitualment "bulb de tensions", la forma qualitativa del qual es mostra a la figura E.5. L'increment de pressió rebut pel sòl més enllà d'aquest bulb és, en la majoria dels casos, prou petit perquè els seus efectes siguin comparativament negligibles, encara que en general s'ha de comprovar.

## Document bàsic SE-C Fonaments

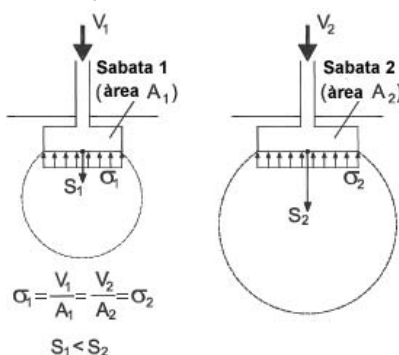


**B:** amplada de la fonamentació (dimensió menor en planta en cas de fonamentacions rectangulars, amplada mitjana en trapezoïdals i diàmetre en circulars).

**Z:** Profunditat d'influència ( $\approx 1,5$  a  $2B$ )

**Figura E.5. Concepte de bulb de tensions**

- 3 Les observacions anteriors indiquen que, a igualtat de la resta de condicions, l'assentament que experimenta una fonamentació directa depèn de les dimensions de l'àrea carregada.
- 4 Aquest efecte es mostra de manera qualitativa a la figura E.6, en què es representen dos pilars que, rebent càrregues diferents, transmeten pressions mitjanes idèntiques al terreny. Tenint en compte que la sabata de mida més gran té una profunditat d'influència superior (bulb de tensions més gran i volum de terreny sobretesat superior), el seu assentament també és més gran.



**Figura E.6. Influència de les dimensions del fonament**

- 5 Com a efecte addicional respecte al fenomen de la interacció, si els dos pilars pertanyen al mateix edifici i estan connectats per l'estructura, la tendència al màxim assentament del pilar 2 origina una redistribució d'esforços en l'estructura, que tendeix al seu torn a descarregar aquest pilar i transmetre part de la seva càrrega als pilars adjacents.
- 6 Per tant s'ha de prestar especial atenció al disseny de les fonamentacions d'estructures amb gran heterogeneïtat de càrregues ja que, fins i tot en la hipòtesi d'homogeneïtat del terreny, el dimensionament realitzat exclusivament en funció d'una determinada pressió admissible (vegeu l'apartat 4.3) podria donar lloc a assentaments diferencials inadmissibles.
- 7 Així mateix, és de gran interès disposar de prou informació geotècnica referent al possible creixement del mòdul de deformació del terreny amb la profunditat, factor que pot contribuir a atenuar els assentaments diferencials associats a la variació de les dimensions de les sabates.
- 8 Si el disseny de les fonamentacions dona lloc a sabates relativament pròximes, els bulbs de tensions de les sabates individuals cavalcaran en profunditat, per la qual cosa, als efectes d'assentament, és necessari comprovar la fonamentació com si tingués l'amplada total del conjunt de les sabates (vegeu la figura E.7).



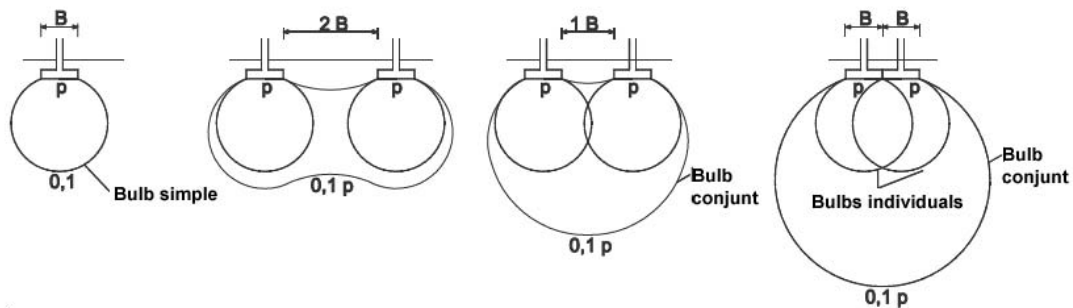


Figura E.7. Influència de la proximitat dels fonaments

### E.4.3 Altres consideracions

- 1 En l'anàlisi estructural, es pot considerar la utilització de models específics per englobar detalls dels fonaments, habitualment no tinguts en compte, com ara bigues centradores o elements de travada entre fonaments.
- 2 La resultant en la base del fonament ha d'incloure la sol·licitació obtinguda en l'anàlisi estructural, incloent-hi el pes propi del fonament, i si s'escau, del pou, i el dels materials solts que hi graviten.
- 3 En el cas d'edificis fonamentats amb sabates aïllades i contínues, edificis amb forjats o cambres sanitàries i soleres, el valor característic  $q_{ok}$  al nivell de la base de suport de la fonamentació correspon a la pressió vertical del terreny que hi ha al voltant del fonament, és a dir amb la seva cota final. En aquest cas, es pot tenir en compte el pes de l'emmacat, la solera i altres càrregues permanents que es pugui garantir que hi haurà durant el període de servei de l'edifici.
- 4 En el cas d'edificis fonamentats en llosa, la pressió vertical,  $q_{ok}$ , correspon al pes dels elements permanents a l'exterior d'aquesta (vegeu D, en la figura F.1).
- 5 Si sobre les sabates o engrallats es disposa una solera passant, eficaçment enllaçada i amb prou capacitat resistent, aquesta es pot acabar comportant com una llosa.

### E.5 Models d'interacció. Mòdul de balast

- 1 El mòdul de balast  $k_s$  es defineix com el quocient entre la pressió vertical,  $q$ , aplicada sobre un determinat punt d'un fonament directe i l'assentament,  $s$ , experimentat per aquest punt:

$$k_s = \frac{q}{s} \quad (E.5)$$

- 2 El mòdul de balast definit així té unitats de densitat, cosa que indica que la hipòtesi efectuada equival a suposar que el terreny és un líquid de densitat  $k_s$ , sobre el qual "flota" la fonamentació.
- 3 L'estimació del mòdul de balast es pot realitzar:
  - a) A partir d'assajos de càrrega amb placa (vegeu la taula D.7). D'acord amb els efectes descrits a l'apartat E.4.2 i atès que les plaques d'assaig són necessàriament de mida petita, s'ha de prestar especial atenció a la conversió del mòdul obtingut en l'assaig,  $k_{sp}$ , al mòdul de càlcul representatiu de l'amplada,  $B$ , real del fonament,  $k_{sB}$ . En aquest cas es recomana utilitzar plaques d'un diàmetre equivalent igual o superior a 60 cm.
  - b) A partir de la determinació de paràmetres de deformabilitat representatius del terreny sota la zona d'influència de la fonamentació, ja sigui mitjançant assajos in situ o de laboratori, i el posterior càlcul geotècnic d'assentaments.
- 4 La conversió del mòdul per a placa de 30 cm,  $k_{s30}$ , al coeficient de referència,  $k_{sB}$ , es pot obtenir mitjançant les expressions següents: (vegeu la taula D.29)
- 5 Per a sabata quadrada d'amplada  $B$ :
  - a) Per a terrenys cohesius:

$$k_{sB} = k_{s30} \frac{0,3}{B} \quad (E.6)$$

## Document bàsic SE-C Fonaments

b) Per a terrenys granulars:

$$k_{sB} = k_{sp30} \left( \frac{B + 0,3}{2B} \right)^2 \quad (E.7)$$

6 Per a sabata rectangular d'amplada B, en qualsevol tipus de terreny:

$$k_{sBL} = k_{sB} \left( 1 + \frac{B}{2L} \right) \quad (E.8)$$

7 La conversió del mòdul per a placa de 60 cm ( $k_{s60}$ ) al coeficient de referència  $k_{sB}$  es pot obtenir mitjançant les expressions següents:

8 Per a sabata quadrada d'amplada B:

a) Per a terrenys cohesius:

$$k_{sB} = k_{sp60} \frac{0,6}{B} \quad (E.9)$$

b) Per a terrenys granulars:

$$k_{sB} = \frac{k_{sp60}}{\left( \frac{0,6 + 0,3}{2 \cdot 0,6} \right)^2} \left( \frac{B + 0,3}{2B} \right)^2 \quad (E.10)$$

9 Per a la fonamentació de lloses i engrallats la fiabilitat dels mòduls de balast obtinguts a partir d'assajos de càrrega pot resultar insuficient, atesos els efectes d'escala implicats (vegeu l'apartat E.4.2). En aquestes circumstàncies, es recomana recórrer a la comprovació d'aquests mòduls seguint els criteris del paràgraf 3.b) anterior o, alternativament, recórrer a l'ús de mètodes i models del terreny més avançats.

10 L'observació anterior pot adquirir especial importància en cas que hi hagi terrenys heterogenis en la vertical (terrenys estratificats), quan sota un estrat rígid sorgeix un altre de més deformable. En aquestes circumstàncies (vegeu la figura E.8) el reduït bulb de tensions de la placa d'assaig pot quedar limitat a les zones més competents del terreny, i no reflectir la deformabilitat del conjunt terreny-fonamentació.

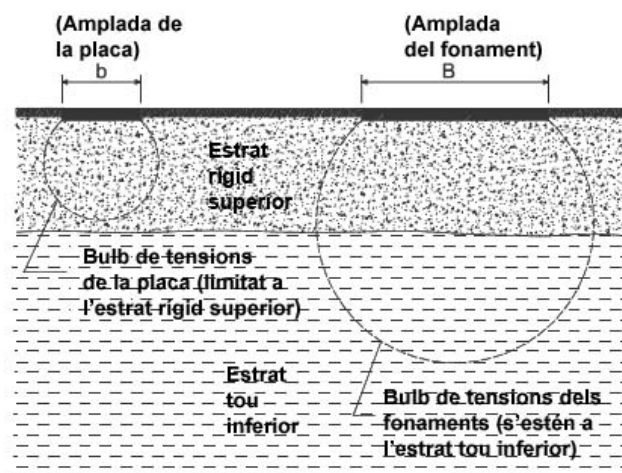


Figura E.8. Limitacions de l'assaig de càrrega amb placa en terrenys estratificats

## Annex F. Models de referència per al càlcul de fonamentacions i elements de contenció

### F.1. Fonamentacions directes

#### F.1.1 Pressió d'enfonsament

- 1 L'expressió (4.8) consta de tres sumands que es denominen respectivament, de la mateixa manera que els factors de capacitat de càrrega, terme de cohesió, de sobrecàrrega i de pes específic. Cadascun dels sumands representa la contribució d'aquestes variables ( $c_k$ ,  $q_{0k}$ ,  $\gamma_k$ ) a la resistència.
- 2 En especial quan les fonamentacions siguin somes, s'ha de considerar prudentment la conveniència d'emprar el terme de sobrecàrrega, i s'ha d'assegurar en cas afirmatiu que les hipòtesis realitzades es mantenen durant la vida útil de la construcció (vegeu E.4.3).

##### F.1.1.1 Coeficients correctors o d'influència

###### F.1.1.1.1 Influència de la resistència al tall del terreny situat sobre la base de la fonamentació (coeficients d)

- 1 Quan la base de la fonamentació se situa a una certa profunditat  $D$  sota la superfície del terreny (vegeu la figura F.1), la superfície de trencament teòric, associada a l'estat límit últim d'enfonsament, ha de mobilitzar la resistència al tall del terreny situat per damunt i al voltant de la fonamentació. Per tenir en compte aquest efecte, que òbviament augmenta la pressió d'enfonsament disponible, s'han d'utilitzar els coeficients de correcció  $d_c$ ,  $d_q$ ,  $d_\gamma$ .

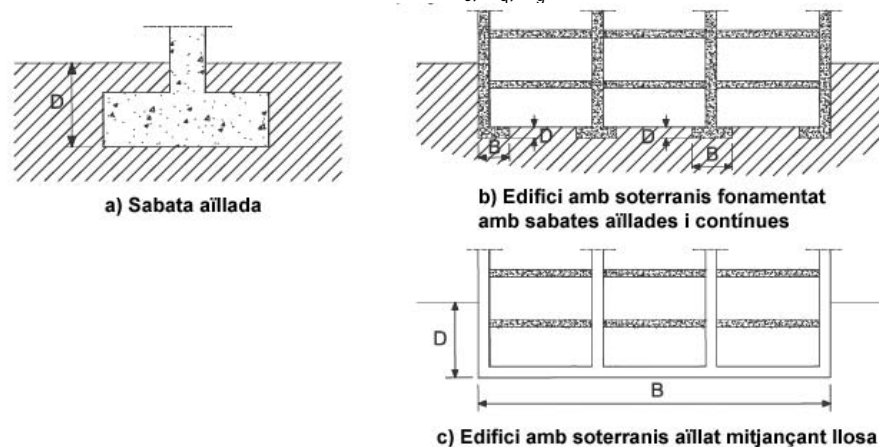


Figura F.1. Profunditat "D" a considerar en la determinació de la pressió d'enfonsament

- a) Coeficient corrector del factor  $N_c$ :

A la figura F.2 es recull el coeficient de correcció ( $d_c$ ) a aplicar al terme de cohesió en funció de la relació profunditat/amplada de la fonamentació.

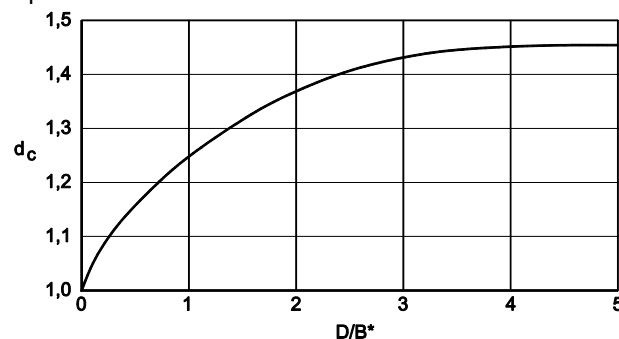


Figura F.2. Coeficient de correcció ( $d_c$ )  $\approx d_c = 1 + 0,34 \cdot \arctg(D/B^*)$

## Document bàsic SE-C Fonaments

b) Coeficient corrector del factor  $N_q$ :

$$d_q = 1 + 2 \frac{N_q}{N_c} (1 - \sin \phi_k)^2 \arctan \frac{D}{B^*}; \text{ per a } \phi_k = 0: d_q = 1 \quad (\text{F.1})$$

on el valor de D a introduir en l'equació no pot ser superior a  $2B^*$ .

El valor de  $\frac{N_q}{N_c}$  es pot considerar igual que  $\text{tg } \phi_k$ , amb un valor aproximat de 0,2

c) Coeficient corrector del factor  $N_\gamma$ :

$$d_\gamma = 1 \quad (\text{F.2})$$

- 2 El projectista ha de considerar prudentment la inclusió d'aquests coeficients de correcció. No s'han de tenir en compte, en cas que es construeixin sabates poc profundes en terrenys argilosos, de plasticitat elevada, que en èpoques seques puguin desenvolupar esquerdes per retracció. En aquestes circumstàncies no es podria comptar amb la resistència al tall del terreny situat sobre la base de la fonamentació, ja que seria nul·la en la direcció a favor dels plans de les esquerdes.
- 3 No s'han d'utilitzar els factors de correcció anteriors per a profunditats de fonamentació D (vegeu la figura F.1) sota la superfície del terreny menors de 2 m. Tampoc no s'han de considerar en fonamentacions pròximes a talussos o quan no es pugui garantir la permanència, en el temps, del terreny situat per damunt de la base de fonamentació.

#### F.1.1.1.2 Influència de la forma de la fonamentació (coeficients s)

1 L'efecte de la forma del fonament es pot tenir en compte mitjançant els factors de correcció que s'indiquen a continuació:

a) coeficient corrector del factor  $N_c$ :

$s_c = 1,20$  per a sabata circular

$$s_c = 1 + 0,2 \frac{B^*}{L^*} \text{ per a sabata rectangular} \quad (\text{F.3})$$

b) coeficient corrector del factor  $N_q$ :

$s_q = 1,20$  per a sabata circular

$$s_q = 1 + 1,5 \text{tg} \phi_k \frac{B^*}{L^*} \text{ per a sabata rectangular} \quad (\text{F.4})$$

c) coeficient corrector del factor  $N_\gamma$ :

$s_\gamma = 0,6$  per a sabata circular

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \frac{B^*}{L^*} \text{ per a sabata rectangular} \quad (\text{F.5})$$

#### F.1.1.1.3 Influència de la inclinació de la resultant de les accions sobre la fonamentació (coeficients i)

1 Els coeficients a aplicar per efecte de l'existència de components horitzontals de càrregues sobre la sabata es poden obtenir de les expressions següents:

a) coeficient corrector del factor  $N_c$ :

$$i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}; \text{ per a } \phi_k = 0: i_c = 0,5 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{H}{B^* \cdot L^* \cdot c_k}} \right) \quad (\text{F.6})$$

b) coeficient corrector del factor  $N_q$ :

$$i_q = (1 - 0,7 \text{tg} \delta_B)^3 \cdot (1 - \text{tg} \delta_L) \quad (\text{F.7})$$

c) coeficient corrector del factor  $N_\gamma$ :

$$i_\gamma = (1 - \text{tg} \delta_B)^3 \cdot (1 - \text{tg} \delta_L) \quad (\text{F.8})$$

## Document bàsic SE-C Fonaments

on  $\delta$ ,  $\delta_B$ ,  $\delta_L$  són els angles de desviació de la resultant de les accions respecte a la vertical definits al paràgraf 7 de l'apartat 4.3.1.3.

- 2 Quan es pugui assegurar una certa cohesió "c" en el contacte de la fonamentació amb el terreny es pot emprar un angle  $\delta^*$  menor, donat per l'expressió:

$$\operatorname{tg}\delta^* = \frac{\operatorname{tg}\delta}{1 + \frac{B \cdot L \cdot c_k}{V \cdot \operatorname{tg}\phi_k}} \quad (\text{F.9})$$

- 3 Quan la component horitzontal de la resultant sigui menor del 10% de la vertical, es pot prendre  $i_c = i_q = i_\gamma = 1$ .

**F.1.1.1.4 Influència de la proximitat d'un talús a la fonamentació (coeficients t)**

- 1 Quan el terreny situat al costat de la fonamentació no sigui horitzontal, sinó que presenti una inclinació descendent d'angle  $\beta$  respecte a l'horitzontal, es poden utilitzar els factors de correcció següents:

- a) coeficient corrector del terme  $N_c$ :

$$t_c = e^{-2\beta \operatorname{tg}\phi_k} \quad (\text{F.10})$$

- b) coeficient corrector del terme  $N_q$ :

$$t_q = 1 - \sin 2\beta \quad (\text{F.11})$$

- c) coeficient corrector del terme  $N_\gamma$ :

$$t_\gamma = 1 - \sin 2\beta \quad (\text{F.12})$$

on  $\beta$  és l'angle d'inclinació expressat en radians.

- 2 En situacions de dimensionament transitòries en condicions sense drenatge, l'efecte de la inclinació del terreny es pot tenir en compte calculant la pressió d'enfonsament com si la superfície del sòl fos horitzontal, i posteriorment reduir-la en un valor  $2 \cdot \beta \cdot c_u$ .
- 3 Quan l'angle d'inclinació del terreny sigui superior a  $\phi/2$  s'ha de portar a terme un estudi específic d'estabilitat global.
- 4 Quan l'angle d'inclinació del terreny sigui inferior o igual a  $5^\circ$ , es pot prendre  $t_c = t_q = t_\gamma = 1$ .

**F.1.1.2 Pressió d'enfonsament en condicions de càrrega sense drenatge**

- 1 Quan siguin aplicables situacions de dimensionament transitòries de càrrega sense drenatge (vegeu l'apartat 4.2.3.1), la pressió d'enfonsament (equació 4.8) es pot expressar en termes de tensions totals; en aquest cas, la resistència al tall del terreny és representada per un angle de fricció intern  $\phi_k = 0$  i una resistència al tall sense drenatge  $c_k = c_u$ .
- 2 Els factors de capacitat de càrrega per a aquesta situació de dimensionament són:
- $$N_q = 1$$
- $$N_c = 5,14$$
- $$N_\gamma = 0$$
- 3 El valor de  $q_{ok}$  a considerar en el càlcul és la pressió vertical total deguda a la sobrecàrrega (de terres o altres) al del nivell de la base de la fonamentació i al voltant d'aquesta.
- 4 En cas que la resistència al tall sense drenatge,  $c_u$ , del terreny augmenti amb la profunditat,  $z$ , seguint una llei lineal del tipus  $c_u = c_0 + m z$ , on  $c_0$  és la resistència al tall sense drenatge en superfície, es pot adoptar per a la determinació de la pressió d'enfonsament la resistència al tall sense drenatge a una profunditat  $B/4$  sota la fonamentació, sempre que aquest valor no resulti superior a  $2 \cdot c_0$ .
- 5 A efectes pràctics, per al càlcul de la pressió admissible es pot considerar que el coeficient  $\gamma_R$  només afecta el terme de la cohesió.

### F.1.1.3 Pressió d'enfonsament en tensions efectives

- 1 Per a situacions de dimensionament en què es puguin suposar dissipats els excessos de pressió intersticial generats per les accions actuants sobre la fonamentació la pressió d'enfonsament (equació 4.8) s'expressa en termes de tensions efectives.
- 2 Encara que no resulta habitual, també és aplicable la formulació en tensions efectives en situacions transitòries en què la dissipació de pressions intersticials no s'hagi produït (càrrega sense drenatge) o sigui parcial. En aquests casos, és necessari determinar prèviament el règim de pressió intersticial corresponent.
- 3 La resistència al tall del terreny ve expressada per l'angle de fricció interna efectiva ( $\phi_k = \phi'$ ) i la cohesió efectiva ( $c_k = c'$ ).
- 4 Els factors de capacitat de càrrega es poden obtenir de les expressions següents:

$$N_q = \frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'} \cdot e^{\pi \cdot \text{tg} \phi'} \quad (\text{F.13})$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cotg \phi' \quad (\text{F.14})$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \cdot \text{tg} \phi' \quad (\text{F.15})$$

- 5 El valor de  $q_{ok}$  a considerar en càlcul és la pressió vertical efectiva deguda a la sobrecàrrega al nivell de la base de la fonamentació i al voltant d'aquesta.
- 6 El valor del pes específic del terreny  $\gamma_k$  a introduir en la formulació analítica és el que representi l'estat de pressions efectives per sota del fonament:
  - a) el pes específic aparent,  $\gamma_{ap}$ , si el nivell freàtic està a una profunditat superior a l'amplada  $B^*$  sota la base de la fonamentació;
  - b) el pes específic submergit,  $\gamma'$ , si el nivell freàtic està situat a la base de la fonamentació o per damunt d'aquesta base;
  - c) el pes específic intermedi, interpolat linealment segons l'expressió (F.16), si el nivell freàtic està comprès entre els indicats anteriorment

$$\gamma_k = \gamma' + \frac{z}{B} (\gamma_{ap} - \gamma') \quad (\text{F.16})$$

on:

$z$  és la distància a la qual es troba el nivell freàtic per sota de la base de la fonamentació.

- d) Si hi ha un flux d'aigua ascendent, de gradient  $i_v$ , el valor característic del pes específic de càlcul és:

$$\gamma_k = \gamma' - i_v \cdot \gamma_w \quad (\text{F.17})$$

on:

$\gamma'$  és el pes específic submergit del terreny;

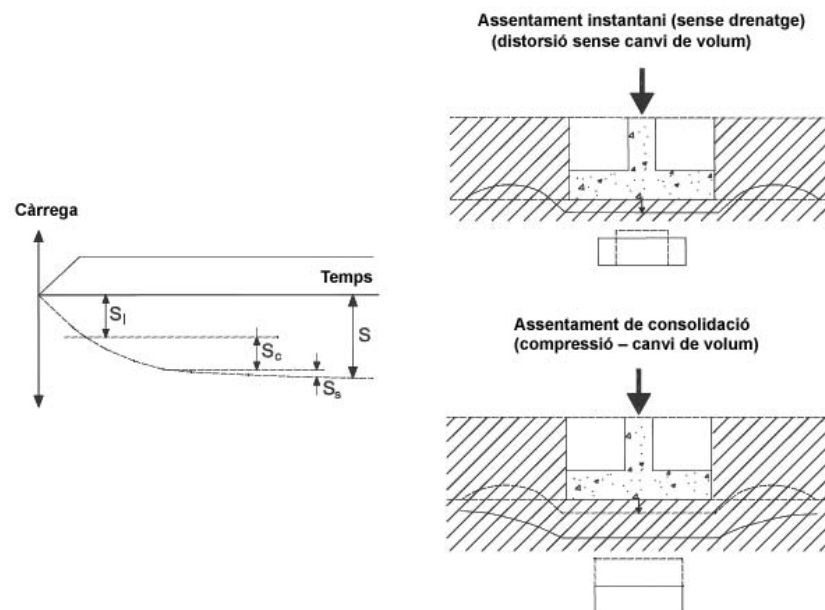
$\gamma_w$  és el pes específic de l'aigua;

$i_v$  és el gradient vertical mitjà a la zona de gruix  $1,5B^*$  sota la base de la fonamentació.

## F.1.2 Estimació d'assentaments

### F.1.2.1 Criteris bàsics

- 1 Als efectes d'aplicació d'aquest DB s'han de distingir, en el cas més general, tres tipus d'assentament. A la figura F.3 es mostra de manera esquemàtica l'evolució d'aquests assentaments i la seva relació amb el temps després de l'aplicació d'una càrrega:



**Figura F.3. Definició d'assentament instantani, de consolidació primària i de compressió secundària**

- a) assentament instantani ( $S_i$ ): es produeix de manera immediata o simultània amb l'aplicació de la càrrega. Si el sòl és de baixa permeabilitat i està saturat, en els moments inicials a penes es produeix cap drenatge, de manera que aquest assentament inicial correspon a una distorsió del sòl, sense canvi de volum;
  - b) assentament de consolidació primària ( $S_c$ ): es desenvolupa a mesura que es dissipen els excessos de pressió intersticial generats per la càrrega i s'eleva la pressió efectiva mitjana al terreny, fet que permet la reducció progressiva del volum de buits del sòl. Aquest assentament és especialment important en sòls argilosos saturats, ja que es pot dilatar considerablement en el temps;
  - c) assentament de compressió secundària ( $S_s$ ): es produeix en alguns sòls que presenten una certa fluència (deformació a pressió efectiva constant). Encara que pot començar des dels primers moments després de l'aplicació de la càrrega, habitualment només es pot distingir amb claredat una vegada finalitzat el procés de consolidació primària.
- 2 L'assentament total resultant és per tant la suma de les tres components anteriors:
- $$S_t = S_i + S_c + S_s \quad (F.18)$$
- 3 En relació amb aquest DB, els sòls en què es puguin desenvolupar assentaments de compressió secundària no negligibles es consideren desfavorables (tipus T-3 d'acord amb la taula 3.2). En aquests casos es requereix un estudi especialitzat per estimar aquests assentaments i avaluar la seva repercussió en la construcció.
- 4 En els sòls de permeabilitat elevada i en els parcialment saturats, es pot suposar que l'assentament es produeix de manera pràcticament simultània a l'aplicació de la càrrega, per la qual cosa  $S_i$  i  $S_c$  no arriben a diferenciar-se.

#### F.1.2.2 Sòls granulars amb una proporció en pes de partícules de més de 20 mm inferior al 30%

- 1 Si bé per estimar l'assentament d'una fonamentació directa en un terreny d'aquestes característiques es poden utilitzar correlacions que permeten determinar el mòdul de deformació del terreny en funció dels resultats obtinguts en assajos de penetració estàtica o dinàmica realitzats in situ, es pot utilitzar l'expressió (F.19) de Burland i Burbidge, basada directament en els resultats obtinguts en l'assaig SPT o deduïts d'assajos de penetració a través de correlacions degudament contrastades.

$$S_i = f_1 \cdot f_s \cdot q'_b \cdot B^{0.7} \cdot I_c \quad (F.19)$$

## Document bàsic SE-C Fonaments

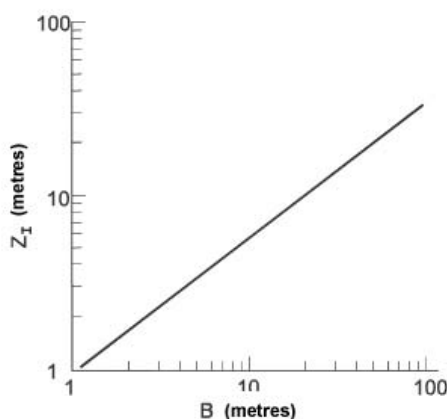
on:

- $S_i$  és l'assentament mitjà al final de la construcció, en mm.
- $q'_b$  és la pressió efectiva bruta aplicada a la base de fonamentació (en  $\text{kN/m}^2$ ).
- $B$  és l'amplada de la sabata o llosa (en m).
- $I_c$  és l'índex de compressibilitat, definit al paràgraf 3 d'aquest apartat en funció del valor mitjà de copejament  $N_{\text{SPT}}$  de l'assaig SPT en una zona d'influència ( $Z_i$ ) sota la sabata o llosa, la profunditat de la qual ve determinada en funció de l'amplada de la fonamentació, tal com s'indica a la figura F.4.
- $f_s$  és el coeficient dependent de les dimensions de la fonamentació directa, suposada aquesta rectangular. El seu valor ve donat per:

$$f_s = \left( \frac{1,25 \cdot \frac{L}{B}}{\frac{L}{B} + 0,25} \right)^2 \quad (\text{F.20})$$

on:

$L$  és la llargària de la sabata o llosa (en m)



**Figura F.4. Zona d'influència  $Z_i$  en funció de l'amplada ( $B$ ) de la fonamentació.**

$f_i$  és un factor de correcció que permet considerar l'existència d'una capa rígida per sota de la sabata a una profunditat  $H_s$ , ( $H_s < Z_i$ ), en què  $Z_i$  és la profunditat d'influència sota la sabata, dins la qual es produeix el 75% de l'assentament, definida a la figura F.4. El seu valor ve donat per:

$$f_i = \frac{H_s}{Z_i} \left[ 2 - \frac{H_s}{Z_i} \right] \quad (\text{F.21})$$

- 2 Quan el terreny estigui sobreconsolidat o quan la fonamentació se situï al fons d'una excavació la màxima pressió efectiva vertical de la qual al fons hagi estat ( $\sigma'_{v0}$ ), el valor de ( $q'_b$ ) a introduir en l'equació de l'assentament és:

$$q'_b - \frac{2}{3} \sigma'_{v0} \quad \text{quan} \quad \sigma'_{v0} < q'_b \quad (\text{F.22})$$

$$\frac{q'_b}{3} \quad \text{quan} \quad \sigma'_{v0} \geq q'_b \quad (\text{F.23})$$

- 3 L'índex de compressibilitat es pot obtenir de l'expressió:



$$I_c = \frac{1,71}{N_{mitj}^{1,4}} \quad (F.24)$$

on:

$N_{mitj}$  és la mitjana aritmètica dels copejaments  $N_{SPT}$  al llarg de la zona d'influència  $Z_i$ .  
L'índex  $I_c$  determinat segons l'expressió (F.24) representa la mitjana obtinguda de l'estudi estadístic de més de 200 casos reals. Els índexs aproximats corresponents a la mitjana  $\pm$  una desviació estàndard són:

$$I_c^+ = \frac{3,0}{N_{mitj}^{1,4}} \quad (F.25)$$

$$I_c^- = \frac{0,94}{N_{mitj}^{1,4}} \quad (F.26)$$

4 Com a regles complementàries s'han d'observar les següents:

- el mètode no es considera aplicable per a valors  $N_{SPT} < 7$  i en aquest cas s'ha de realitzar un estudi especialitzat que aquest DB no preveu;
- el copejament  $N_{SPT}$  no es corregeix per l'efecte de la profunditat;
- en cas que el terreny estigui compost per sorres fines i sorres llimoses sota el nivell freàtic, es pot utilitzar la correcció de Terzaghi per a  $N_{SPT} > 15$ :

$$N_{SPT} \text{ (corregit)} = 15 + 0,5(N_{SPT} \text{ (mesurat)} - 15) \quad (F.27)$$

#### F.1.2.3 Sòls granulars amb una proporció en pes de partícules de més de 20 mm superior al 30%

- En aquest tipus de sòls els resultats dels assajos de penetració poden estar subjectes a incerteses (vegeu el paràgraf b de l'apartat 4.2.3.1), per la qual cosa, als efectes d'aquest DB, es recomana que l'estimació d'assentaments en aquests casos es realitzi seguint formulacions elàstiques.
- El mòdul de deformació a considerar es pot estimar mitjançant assajos de càrrega amb plaques d'un diàmetre superior a 6 vegades el diàmetre màxim de les partícules del sòl o alternativament mitjançant l'expressió:

$$E = \frac{G_{m\grave{a}x}}{2} \quad (F.28)$$

on:

$G_{m\grave{a}x}$  és el mòdul de rigidesa tangencial màxim del terreny deduït a partir d'assajos *cross-hole* o *down-hole*.

- En els casos en què la importància de l'edifici no justifiqui la realització d'aquests assajos, els càlculs es poden basar exclusivament en correlacions que siguin prou conservadores (vegeu la taula D.23).

#### F.1.2.4 Sòls amb un contingut de fins superior al 35%

- En argiles normalment consolidades o sobreconsolidades en què amb les pressions aplicades per l'edifici s'arribi a superar la pressió de sobreconsolidació, el plantejament d'una fonamentació directa requereix un estudi especialitzat, no previst en aquest DB.
- En el cas d'argiles sobreconsolidades en què amb les pressions aplicades per l'edifici no s'arribi a superar la pressió de sobreconsolidació i no es produeixin plastificacions locals, es poden emprar mètodes d'estimació d'assentaments basats en la teoria de l'elasticitat (vegeu la taula D.23). A efectes pràctics, es considera que es compleix aquesta última condició si la resistència a la compressió simple de l'argila sobreconsolidada és superior a la pressió sobre el terreny transmesa per la càrrega de servei de l'edifici.
- En aquest cas els mòduls de deformació del terreny es poden obtenir mitjançant:
  - assajos triaxials especials de laboratori amb mesura local de deformacions en la proveta de sòl;

## Document bàsic SE-C Fonaments

- b) assajos pressiomètrics en què no es tingui en compte el nivell de deformacions induïdes en el terreny per la construcció;
- c) assajos cross-hole o down-hole, aplicant als valors representatius del mòdul de rigidesa tangencial màxim obtingut en l'assaig ( $G_{\max}$ ) els factors correctors ( $f_p$ ) que s'indiquen a la taula F.1 per a l'estimació del mòdul d'elasticitat sense drenatge  $E_u = f_p G_{\max}$ . L'assentament total en aquestes circumstàncies es pot estimar mitjançant l'expressió següent:

$$S_t = 2 S_i \quad (F.29)$$

**Taula F.1. Estimació del mòdul d'elasticitat sense drenatge d'argiles sobreconsolidades a partir d'assajos cross-hole i down-hole**

$f_p$		
15 < IP < 30	30 < IP < 50	IP > 50
1,2	1,6	1,9

- d) Mètodes empírics ben establerts, basats en correlacions que tinguin en compte la resistència a l'esforç tallant sense drenatge del sòl, la seva plasticitat i el seu grau de sobreconsolidació. A títol orientatiu es poden utilitzar els mòduls d'elasticitat indicats a la taula F.2 per estimar l'assentament  $S_i$  en aquestes argiles.

**Taula F.2. Estimació del mòdul d'elasticitat sense drenatge d'argiles sobreconsolidades.**

Rang de sobreconsolidació	$E_u/c_u$		
	IP < 30	30 < IP < 50	IP > 50
< 3	800	350	150
3 – 5	600	250	100
> 5	300	130	50

## F.2. Fonamentacions profundes

### F.2.1 Determinació de la resistència d'enfonsament mitjançant solucions analítiques

- 1 Quan s'utilitzen mètodes basats en la teoria de la plasticitat, i per a l'obtenció aproximada de la resistència unitària per punta i per fust, s'ha de tenir en compte si es tracta de sòls granulars o sòls fins.

#### F.2.1.1 Sòls granulars

- 1 La resistència unitària d'enfonsament per punta de pilons en sòls granulars es pot estimar amb l'expressió següent:

$$q_p = f_p \cdot \sigma'_{vp} \cdot N_q \leq 20 \text{ MPa} \quad (F.30)$$

on:

$f_p = 3$  per a pilons clavats;

$f_p = 2,5$  per a pilons formigonats in situ;

$\sigma'_{vp}$  és la pressió vertical efectiva al nivell de la punta abans d'instal·lar el piló;

$N_q$  és el factor de capacitat de càrrega definit per l'expressió  $\frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi} \cdot e^{\pi \tan\phi}$ , on  $\phi$  és l'angle de fricció interna del sòl.

- 2 Atesa la dificultat d'obtenir mostres inalterades de sòls granulars, per calcular el valor de  $\phi$  al laboratori, es recomana procedir a determinar-lo mitjançant correlacions amb assajos "in situ" de penetració degudament contrastades (vegeu les taules 4.1 i 4.2, i les figures D.1 i D.2).

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 3 La resistència unitària per fust en sòls granulars es pot estimar amb l'expressió següent:

$$\tau_f = \sigma'_v \cdot k_f \cdot f \cdot \operatorname{tg} \phi \leq 120 \text{ kPa} \quad (\text{F.31})$$

on:

$\sigma'_v$  és la pressió vertical efectiva al nivell considerat;

$K_f$  és el coeficient d'empenta horitzontal;

$f$  és el factor de reducció de la fricció del fust;

$\phi$  és l'angle de fricció interna del sòl granular.

- 4 Per a pilons clavats es pren  $K_f = 1$  i per a pilons perforats es pren  $K_f = 0,75$ . Per a pilons híbrids, executats amb ajudes que redueixen el desplaçament del terreny, es pren un valor intermedi en funció de la magnitud d'aquesta ajuda.
- 5 Per a pilons de formigó in situ o de fusta es pren  $f = 1$ . Per a pilons prefabricats de formigó es pren  $f = 0,9$  i per a pilons d'acer en el fust,  $f = 0,8$ .

### F.2.1.2 Sòls fins

- 1 La càrrega d'enfonsament de pilons verticals en sòls llimosos o argilosos, avaluada mitjançant fórmules estàtiques, s'ha de calcular en dues situacions que corresponen a l'enfonsament sense drenatge o a curt termini i l'enfonsament amb drenatge o a llarg termini.

- 2 La resistència unitària d'enfonsament per punta a curt termini es pot obtenir mitjançant l'expressió següent:

$$q_p = N_p c_u \quad (\text{F.32})$$

on:

$c_u$  és la resistència al tall sense drenatge del sòl llimós o argilenc, tenint en compte la pressió de confinament al nivell de la punta (entorn comprès entre dos diàmetres per damunt i dos diàmetres per sota d'aquesta) obtinguda en cèl·lula triaxial o, si s'escau, assaig de compressió simple.

$N_p$  depèn de l'encastament del piló; es pot adoptar un valor igual a 9.

- 3 La resistència unitària d'enfonsament per fust a curt termini és:

$$\tau_f = \frac{100c_u}{100 + c_u} (\tau_f \text{ y } c_u \text{ en kPa}) \quad (\text{F.33})$$

- 4 En pilons amb fust d'acer en sòls fins, el valor de  $\tau_f$  a curt termini s'afecta per un coeficient reductor de 0,8.
- 5 Per determinar la resistència d'enfonsament a llarg termini, s'utilitza l'angle de fricció efectiva deduït dels assajos de laboratori, negligint el valor de la cohesió. Per a això s'utilitzen les expressions (F.30) i (F.31) corresponents a sòls granulars.
- 6 La resistència unitària per fust a llarg termini  $\tau_f$  no pot superar, llevat de justificació, el valor límit de 0,1 MPa.

## F.2.2 Determinació de la resistència d'enfonsament mitjançant assajos de penetració in situ

### F.2.2.1 Mètodes basats en l'assaig SPT

- 1 El mètode d'avaluació de la seguretat enfront d'enfonsament de pilons basat en l'SPT és vàlid per a pilons perforats i per a pilons clavats en sòls granulars, que no tinguin una gran proporció de graves grosses, palets o còdols (<30% d'una mida superior a 2 cm) que pugui desvirtuar el resultat de l'assaig, sobre la base de l'heterogeneïtat dels registres obtinguts.

- 2 La resistència unitària per punta es pot avaluar, per a pilons clavats, amb l'expressió:

$$q_p = f_N N \text{ (MPa)} \quad (\text{F.34})$$

on:

$f_N = 0,4$  per a pilons clavats

- $f_N = 0,2$  per a pilons formigonats in situ
- N és el valor mitjà de  $N_{SPT}$ . A aquests efectes s'obté la mitjana a la zona activa inferior i la mitjana a la zona passiva superior. El valor de N a utilitzar és la mitjana dels dos anteriors (vegeu la figura 5.5).
- 3 La resistència per fust en un determinat nivell dins el terreny, per a un piló clavat, es pot considerar igual a:
- $$\tau_f = 2,5 N_{SPT} \text{ (kPa)} \quad (\text{F.35})$$
- En aquest cas,  $N_{SPT}$  és el valor de l'SPT al nivell considerat.
- 4 En qualsevol cas no s'han d'utilitzar, als efectes d'aquests càlculs, índexs  $N_{SPT}$  superiors a 50.
- 5 Per al cas de pilons metàl·lics la resistència per fust es redueix al 80% del valor corresponent als pilons de formigó.
- 6 En sòls cohesius, amb una resistència a la compressió simple,  $q_u$ , superior a 0,1 MPa, es poden utilitzar, a efectes orientatius, correlacions entre els assajos SPT i CPT (penetròmetre estàtic), prou justificades.

#### F.2.2.2 Mètodes basats en els assajos continus de penetració dinàmica

- 1 Si en un sòl es disposa de resultats d'assajos penetromètrics dinàmics continus, es poden traduir els resultats corresponents a índexs SPT, i utilitzar després el mètode basat en l'assaig SPT.
- 2 Atesa la possible variació en les correlacions existents entre uns assajos de penetració i altres, les correlacions s'han de justificar amb l'experiència local o disposar, si s'escau per a l'obra concreta, d'assajos de contrast que reforcin aquesta correlació.

#### F.2.2.3 Mètode basat en assajos penetromètrics estàtics

- 1 Amb els penetròmetres estàtics es pot mesurar, de manera contínua, la resistència unitària en la punta del con " $q_c$ " i també en el seu fust " $\tau_f$ " en qualsevol tipus de sòl, segons la potència de l'equip d'assaig.
- 2 El valor de " $q_c^*$ " a utilitzar és la mitjana del valor mitjà de  $q_c$  corresponent a la zona activa inferior i del valor mitjà de  $q_c$  corresponent a la zona passiva superior (vegeu la figura 5.5).
- 3 La càrrega unitària d'enfonsament per punta del piló se suposa igual al 80% del valor així determinat. És a dir:
- $$q_p = f_q \cdot q_c^* \quad (\text{F.36})$$
- on:
- $f_q=0,5$  per a pilons clavats
- $f_q=0,4$  per a pilons formigonats in situ
- Per a pilons d'un diàmetre superior a 0,5 m, s'ha d'utilitzar una estimació conservadora de la mitjana a l'hora d'avaluar  $q_p$  en l'entorn de la punta; es recomana adoptar el valor mínim mesurat en aquesta zona.
- 4 Si en l'assaig penetromètric no s'ha mesurat la resistència unitària per fust, s'ha de suposar que aquest valor és igual a 1/200 de la resistència per punta a aquest mateix nivell, si el sòl és granular, i igual a 1/100, si el sòl és cohesiu. En qualsevol cas, la resistència per fust obtinguda d'aquesta manera indirecta no pot ser superior a 0,1 MPa.

#### F.2.2.4 Mètodes basats en assajos pressiomètrics

- 1 Els pressiómetres o dilatòmetres mesuren la pressió horitzontal necessària en la paret d'un sondeig per plastificar el terreny. De manera aproximada, es pot suposar:
- $$q_p = K (p_l - K_o p_o) \quad (\text{F.37})$$
- on:
- $p_l$  és la pressió límit de l'assaig pressiomètric
- $p_o$  és la pressió efectiva vertical al nivell de la fonamentació a l'entorn del suport (abans de carregar).
- $K_o$  és el coeficient d'empenta al repòs. En general  $K_o = 0,5$ .

## Document bàsic SE-C Fonaments

K és el coeficient de proporcionalitat que depèn de la geometria del fonament i del tipus de terreny.

El valor de K es pot prendre igual a 3,2 en sòls granulars, i igual a 1,5 en sòls cohesius.

- 2 El valor de "p<sub>i</sub>" a utilitzar en l'expressió (F.37) ha de ser la mitjana dels valors mitjans corresponents a les zones activa i passiva en l'entorn de la punta.
- 3 Com a resistència unitària per fust es pot prendre el valor següent:

$$\tau_f = \frac{1}{10} \cdot (p_i - K_0 p_0) \quad (\text{F.38})$$

- 4 El valor de  $\tau_f$  s'ha de limitar, en funció del tipus de terreny, als valors següents:

- a) sòls granulars  $\tau_f$  (màxim) = 120 kPa
- b) sòls fins  $\tau_f$  (màxim) = 100 kPa

### F.2.3 Mètodes basats en proves de càrrega

- 1 Per a la utilització d'aquest procediment es considera fonamental un coneixement detallat de l'estratigrafia del terreny.
- 2 Quan, per al dimensionament de pilons, es determini la resistència per punta  $R_{pk}$  o per fust  $R_{fk}$  del terreny per mitjà de proves estàtiques de càrrega in situ fins al trencament es pot adoptar com a valor característic  $R_k$  de qualsevol d'aquestes resistències el proporcionat per l'expressió següent:

$$R_k = \text{Min} \{R_{\text{mitjana}}/\xi_1 ; R_{\text{mínima}}/\xi_2\} \quad (\text{F.39})$$

on:

$\xi_1$  és el coeficient aplicable al valor mitjà dels resultats obtinguts en els assajos;

$\xi_2$  és el coeficient aplicable al valor mínim dels resultats obtinguts en els assajos.

- 3 Els valors numèrics dels coeficients  $\xi_1$  i  $\xi_2$  depenen del nombre d'assajos, n. La taula F.3 conté els aquests valors

**Taula F.3. Valors dels coeficients  $\xi_1$  i  $\xi_2$  per a proves de càrrega in situ de pilons**

n	1	2	3	4	≥5
$\xi_1$	1,40	1,30	1,20	1,10	1,00
$\xi_2$	1,40	1,20	1,05	1,00	1,00

- 4 Quan, per al dimensionament de pilons, es determini la resistència global del piló per mitjà de proves dinàmiques de clavament, degudament contrastades amb proves estàtiques fins al trencament sobre pilons del mateix tipus i característiques geomètriques en terrenys amb les mateixes propietats geotècniques, es pot adoptar com a valor característic  $R_k$  el proporcionat per l'expressió següent:

$$R_k = \text{Min} \{R_{\text{mitjana}}/\xi_3 ; R_{\text{mínima}}/\xi_4\} \quad (\text{F.40})$$

on:

$\xi_3$  és el coeficient aplicable al valor mitjà dels resultats obtinguts en els assajos

$\xi_4$  és el coeficient aplicable al valor mínim dels resultats obtinguts en els assajos.

- 5 Els valors numèrics dels coeficients  $\xi_3$  i  $\xi_4$  depenen del nombre d'assajos, n. La taula F.4 conté aquests valors.

**Taula F.4. Valors dels coeficients  $\xi_3$  i  $\xi_4$  per a assajos dinàmics de clavament de pilons**

N	≥ 2	≥ 5	≥ 10	≥ 15	≥ 20
$\xi_3$	1,60	1,50	1,45	1,42	1,40
$\xi_4$	1,50	1,35	1,30	1,25	1,25

- 6 En funció de com es realitzi i controli la prova de càrrega, els valors dels coeficients  $\xi_3$  i  $\xi_4$  de la taula F.4 s'han de multiplicar pels factors següents:

- a) 0,85, quan l'assaig dinàmic de clavament es faci amb control de deformació i acceleració;

- b) 1,10, quan s'utilitzi una fórmula de clavament basada en la mesura de les compressions quasi-elàstiques del cap del piló durant el procés de clavament;
  - c) 1,20, quan s'utilitzi una fórmula de clavament sense mesurar el desplaçament del cap del piló durant el procés de clavament.
- 7 Quan es realitzin proves de càrrega estàtiques o dinàmiques, per ajudar en la determinació de la resistència d'enfonsament, es poden reduir els coeficients de seguretat, d'acord amb els criteris establerts, per a cada situació de dimensionament, a la taula 2.1.

#### F.2.4 Fonamentacions de pilons en roca

- 1 El valor de càlcul de la resistència per punta en roca  $q_{p,d}$  dels pilons excavats es pot calcular d'acord amb el que indica el capítol 4 per a fonamentacions superficials en roca, introduint un coeficient  $d_f$  per tenir en compte la longitud d'encastament en roca:

$$q_{p,d} = K_{sp} q_u d_f \quad (F.41)$$

on:

$K_{sp}$  és el coeficient donat per l'expressió (4.12)

$q_u$  és la resistència a la compressió simple de la roca

$$d_f = 1 + 0,4 \frac{L_r}{d} \leq 3 \quad (F.42)$$

on:

$L_r$  és la profunditat d'encastament a la roca de la mateixa qualitat o millor que l'existent a la base del suport

$d$  és el diàmetre real o equivalent (la mateixa àrea) del piló

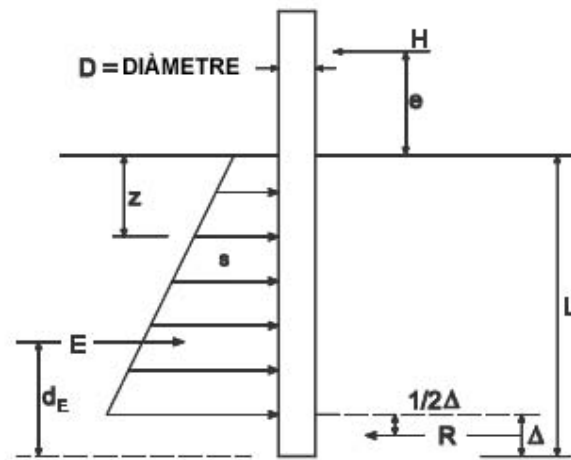
- 2 La longitud de l'encastament s'ha de mesurar a partir de la profunditat en què s'obté contacte amb la roca en tota la secció del piló. Aquesta profunditat depèn de la inclinació local del sostre rocallós.
- 3 S'ha de garantir la continuïtat de la roca amb característiques no inferiors a les considerades en el càlcul del piló, almenys, en una profunditat de tres diàmetres per sota del suport de la punta.
- 4 Dins aquesta zona de roca s'ha de considerar, per a l'avaluació de la resistència dels pilons perforats, un valor de càlcul de la resistència unitària per fust  $\tau_{f,d}$  (MPa) igual a:

$$\tau_{f,d} = 0,2 q_u^{0,5} \quad (F.43)$$

$q_u$  està especificat en MPa i s'ha de verificar sempre que la roca és estable en aigua.

#### F.2.5 Estimació de la resistència del terreny enfront d'accions horitzontals

- 1 La càrrega de trencament horitzontal del terreny "R<sub>hk</sub>" per a un piló es pot estimar amb l'esquema de càlcul que s'indica a la figura F.5.
- 2 El punt on s'aplica la càrrega H és un punt de moment flector nul que s'ha de decidir en funció de càlculs estructurals.
- 3 Els casos particulars de  $c = 0$  (terreny purament granular) i de  $\phi = 0$  (terreny purament cohesiu) es recullen a les figures F.6. i F.7.



Dades del terreny  
 $c, \phi, \gamma$

HIPÒTESI ADMISSIBLE:

$$s(z) = (9c + 3\gamma z \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}) \cdot D$$

$$E = \int_0^{L-\Delta} s(z) \cdot dz$$

$$\Delta = \frac{R}{s(L)}$$

CONDICIONS D'EQUILIBRI:

$$H = E - R$$

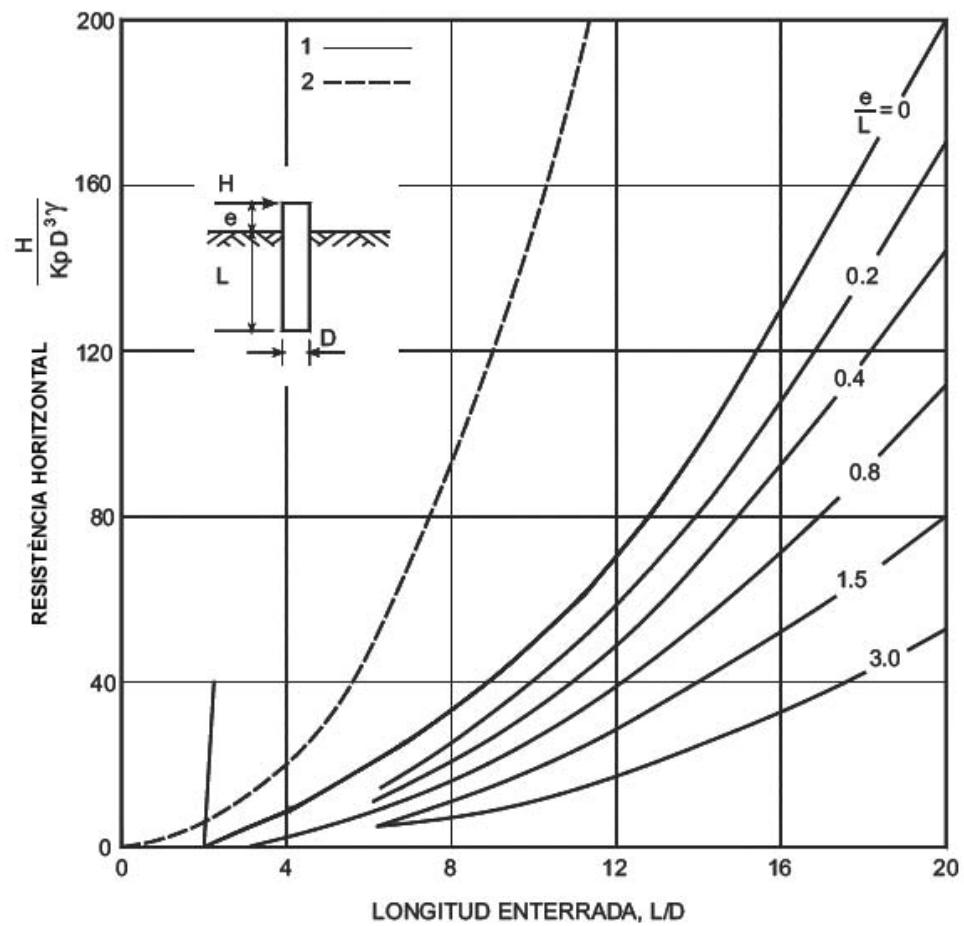
$$H \cdot (e + L - \frac{1}{2} \Delta) = E (d_E - \frac{1}{2} \Delta)$$

CAS PARTICULAR DE DESPLAÇAMENT RÍGID HORIZONTAL

$$\Delta = 0 \quad R = 0$$

$$H = \int_0^L s(z) \cdot dz$$

Figura F.5. Fallada del terreny causat per una força horitzontal sobre un piló



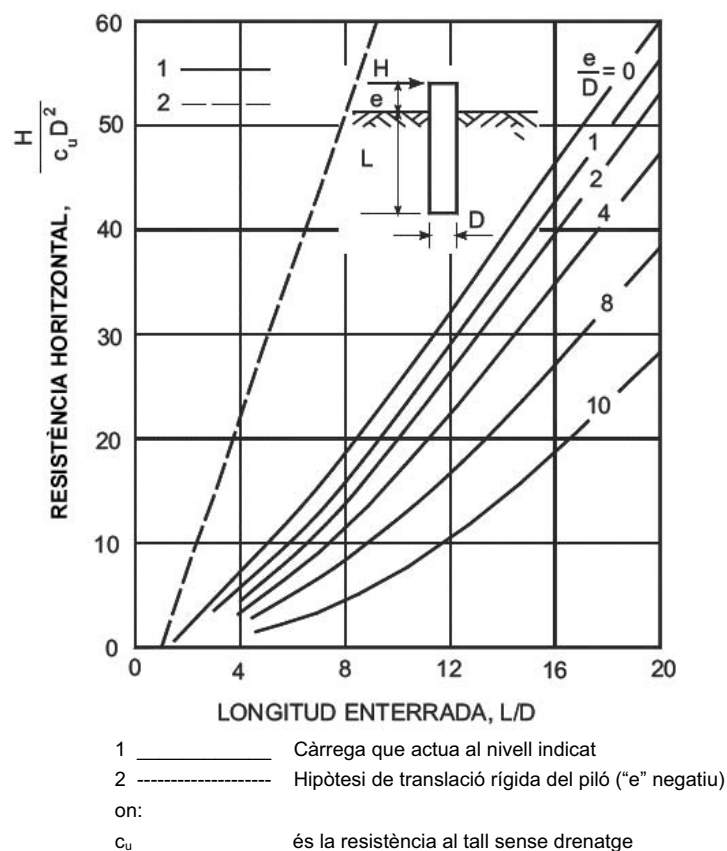
- 1 ————— Càrrega que actua al nivell indicat  
 2 - - - - - Hipòtesi de translació rígida del piló (" $e$ " negatiu)

on:

- $\gamma$  és el pes efectiu (submergit si s'escau) del terreny  
 $K_p$  és el coeficient d'empenta passiva. Es pot suposar:  $K_p=1,8$   
 $\phi$  és l'angle de fricció interna

**Figura F.6. Càrrega de trencament horitzontal del terreny ( $c = 0$ )**



Figura F.7. Càrrega de trencament horitzontal del terreny ( $\phi = 0$ )

## F.2.6 Estimació d'assentaments en pilons

### F.2.6.1 Assentaments del piló aïllat

- 1 Es pot adoptar la simplificació que l'assentament d'un piló vertical aïllat sotmès a una càrrega vertical, de servei, en el seu cap, igual a la màxima recomanable per raons d'enfonsament, és aproximadament, l'u per cent del seu diàmetre, més l'escurçament elàstic del piló.
- 2 L'assentament del piló individual aïllat, considerant l'escurçament elàstic del piló es pot expressar mitjançant la fórmula aproximada següent:

$$s_i = \left( \frac{D}{40 R_{ck}} + \frac{\ell_1 + \alpha \ell_2}{AE} \right) P \quad (F.44)$$

on:

- $s_i$  és l'assentament del piló individual aïllat;  
 $D$  és el diàmetre del piló (per a formes no circulars s'obté el diàmetre equivalent);  
 $P$  és la càrrega sobre el cap;  
 $R_{ck}$  és la càrrega d'enfonsament;  
 $\ell_1$  és la longitud del piló fora del terreny;  
 $\ell_2$  és la longitud del piló dins el terreny;  
 $A$  és l'àrea de la secció transversal del piló;  
 $E$  és el mòdul d'elasticitat del piló;

$\alpha$  és el paràmetre variable segons el tipus de transmissió de càrregues al terreny,  $\alpha=1$  per a pilons que treballen principalment per punta i  $\alpha=0.5$  per a pilons flotants. Per a situacions intermèdies, s'ha d'adoptar el valor de  $\alpha$  següent:

$$\alpha = \frac{1}{R_{ck}} (0,5 R_{fk} + R_{pk}) \quad (\text{F.45})$$

on:

$R_{pk}$  és la càrrega d'enfonsament per punta;

$R_{fk}$  és la càrrega d'enfonsament per fust.

### F.2.6.2 Consideració de l'efecte grup

- 1 En els grups de pilons, i a causa de la interferència de les càrregues, l'assentament de cada piló pot ser més gran. Per tenir-lo en compte, es poden adoptar les simplificacions següents:
- 2 Per a pilons columna, treballant per punta en roca, separats més de tres diàmetres, l'efecte grup es considera negligible.
- 3 Per a altres situacions es pot suposar que tota la càrrega del grup està uniformement repartida en un pla situat a la profunditat "z" sota la superfície del terreny:

$$z = \alpha \cdot l_2 \quad (\text{F.46})$$

amb els significats de " $\alpha$ " i " $l_2$ " indicats anteriorment i amb unes dimensions transversals  $B_1 \times L_1$  donades per:

$$B_1 = B_{grup} + (1 - \alpha) l_2 \quad (\text{F.47})$$

$$L_1 = L_{grup} + (1 - \alpha) l_2 \quad (\text{F.48})$$

en què  $B_{grup}$  i  $L_{grup}$  són les dimensions del grup, considerant plans exteriors tangents als pilons externs del grup.

- 4 El càlcul de l'assentament a causa d'aquesta càrrega vertical repartida en profunditat s'estima d'acord amb els procediments generals de càlcul d'assentaments de fonamentacions superficials.

## F.2.7 Estimació de moviments horitzontals en pilons

### F.2.7.1 Piló aïllat

- 1 Per al càlcul dels moviments horitzontals del piló es pot utilitzar la teoria de la "biga elàstica" o del "coeficient de balast".
- 2 Encara que les solucions "exactes" d'aquest problema estan ben resoltes mitjançant àbacs i corbes, en aquest DB s'admet com a prou precís utilitzar la solució aproximada que s'esquematitza a la figura F.8.
- 3 En la solució aproximada de la figura F.8 la part del piló que queda dins el terreny queda substituïda, a efectes del càlcul d'esforços i moviments al nivell del terreny, per una vareta rígida de longitud  $L$ , subjecta a la base mitjançant un ressort vertical, un altre d'horitzontal i un altre de gir, tal com s'indica a la figura.

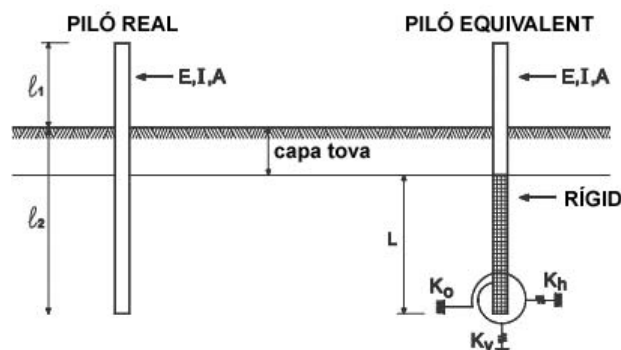


Figura F.8. Barra equivalent per al càlcul de moviments

- 4 La línia de terreny, als efectes de càlcul de moviments horitzontals o d'esforços en el piló, segons la figura F.8, s'ha de fixar amb prudència. Es negligeix la col·laboració de zones que siguin especialment toves o deformables en comparació amb el terreny immediat inferior.

- 5 Els valors dels paràmetres del piló equivalent es poden obtenir de les expressions següents:

$$L = \left( 1,10 - 0,15 \ln \frac{\ell_2}{T} \right) T \geq 0,8 T \quad (\text{F.49})$$

$$K_h = \left( 0,68 + 0,20 \ln \frac{\ell_2}{T} \right) \cdot \frac{EI}{T^3} \leq \frac{EI}{T^3} \quad (\text{F.50})$$

$$K_\theta = \left( 0,3 + 0,20 \ln \frac{\ell_2}{T} \right) \cdot \frac{EI}{T} \leq 0,6 \frac{EI}{T} \quad (\text{F.51})$$

$$K_v = \frac{1}{\left( \frac{D}{40R_{ck}} + \frac{\ell_1 + \alpha \ell_2}{AE} \right)} \quad (1) \quad (\text{F.52})$$

on:

L és la longitud de l'encastament equivalent

$\ell_1$  és la longitud del piló fora del terreny

$\ell_2$  és la longitud enterrada del piló

T és la longitud elàstica del piló

A és l'àrea de la secció transversal del piló

E és el mòdul d'elasticitat del material que forma el piló

I és el moment d'inèrcia respecte a un eix de gir perpendicular al pla d'estudi

$\alpha$  és el paràmetre definit a l'expressió (F.45)

- 6 Per estimar la pressió horitzontal que s'oposa al moviment del piló a una certa profunditat ( $p_h$ ) es pot utilitzar la teoria del coeficient de balast. Segons aquesta teoria el valor de  $p_h$  ve donat per l'expressió:

$$p_h = K_s \delta \quad (\text{F.53})$$

on:

$K_s$  és el mòdul de balast horitzontal del piló;

$\delta$  és el desplaçament horitzontal del piló.

- 7 El mòdul de balast  $K_s$  té dimensions de força dividida per longitud al cub i s'estima mitjançant algun dels procediments que s'esmenten a continuació:

- mitjançant proves de càrrega horitzontal, degudament interpretades;
- mitjançant informació local, degudament contrastada;
- en funció del resultat d'assajos pressiomètrics o dilatòmètrics realitzats en sondejos;
- mitjançant correlacions empíriques.

- 8 Quan s'utilitzin els resultats d'assajos pressiomètrics, s'ha de determinar el mòdul de balast horitzontal mitjançant l'expressió:

$$K_s = \alpha \cdot \frac{E_p}{D} \quad (\text{F.54})$$

on:

$E_p$  és el mòdul pressiomètric

D és el diàmetre del piló  $\geq 0,3$  m

$\alpha$  és el factor adimensional que depèn del tipus de terreny i oscil·la entre 1,5 per a argiles i 3 per a sòls granulars.

## Document bàsic SE-C Fonaments

- 9 Quan s'utilitzin correlacions empíriques per determinar el coeficient de balast s'ha de distingir entre:  
 a) sorres;  
 b) argiles.
- 10 En sorres es pot admetre que el mòdul de balast depèn no solament de la profunditat, z, sinó també del diàmetre del piló, D, segons indica l'expressió:

$$K_s = n_h \cdot \frac{z}{D} \quad (\text{F.55})$$

on:

$n_h$  és el valor de la taula F.5.

Taula F.5.- Valors de  $n_h$  en MPa/m<sup>3</sup>

Compacitat de la sorra	Situació respecte al nivell freàtic	
	Per damunt	Per sota
Fluixa	2	1,2
Mitjana	5	3
Compacta	10	6
Densa	20	12

- 11 Es pot adoptar com a longitud elàstica del piló, T, el valor adimensional definit per l'expressió:

$$T = \left( \frac{EI}{n_h} \right)^{1/5} \quad (\text{F.56})$$

on:

E, I són els definits anteriorment;

$n_h$  és el valor definit a la taula F.5

- 12 En argiles es pot suposar que el mòdul de balast és proporcional a la seva resistència al tall sense drenatge,  $c_u$ , i inversament proporcional al diàmetre del piló, D, segons el que indica l'expressió (F.57):

$$K_s = 67 \frac{c_u}{D} \quad (\text{F.57})$$

- 13 En aquests casos es pot adoptar com a "longitud elàstica" del piló, T, el valor adimensional definit per l'expressió:

$$T = \left( \frac{EI}{DK_s} \right)^{1/4} \quad (\text{F.58})$$

on:

E, I, D,  $K_s$  són els definits anteriorment;

#### F.2.7.2 Efecte grup

- 1 Per estimar el moviment horitzontal del grup, en els casos en què no resulti crític, es pot considerar cada piló del grup substituït, en la part enterrada, per una vareta rígida virtual suportada pels ressorts indicats a la figura F.8, però afectant la longitud elàstica estimada en la hipòtesi de "piló aïllat" per un coeficient de majoració, m, tal com s'indica en l'expressió (F.59):

$$T (\text{piló dins el grup}) = m \cdot T (\text{piló aïllat}) \quad (\text{F.59})$$

- 2 Per a espaiaments entre pilons superiors a 2,5 D i per a pilons la longitud dels quals dins el terreny sigui superior a 2,5 T, i a falta de dades concretes més fiables, es poden utilitzar els valors de m següent (vegeu la figura F.9):

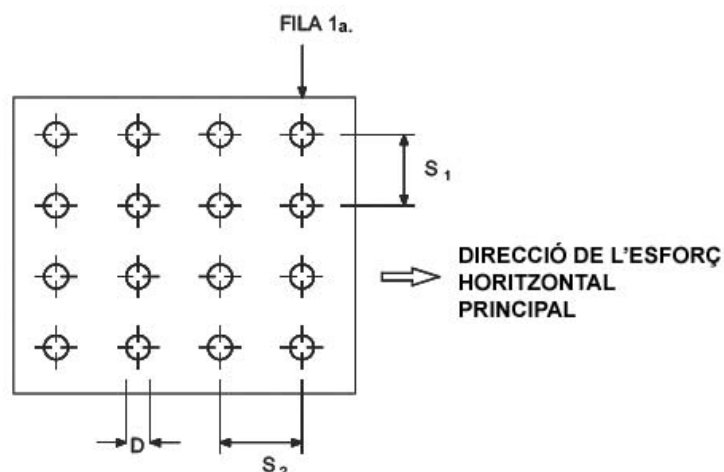
$$m = 1 + 0,5 \left( \frac{D}{S_1} \right)^2 \leq 1,10 \quad \text{Primera fila} \quad (\text{F.60})$$

$$m = \left( 1 + 0,5 \left( \frac{D}{S_1} \right)^2 \right) \left( 1 + \left( \frac{D}{S_2} \right)^2 \right) \leq 1,30 \quad \text{Files següents} \quad (\text{F.61})$$

on:

D és el diàmetre del piló

S és la separació entre eixos



**Figura F.9. Consideració de l'efecte grup en la rigidesa transversal per al càlcul de moviments horitzontals**

### F.2.8 Càlcul d'esforços en pilons

- 1 Per obtenir els esforços a la part enterrada dels pilons, quan s'utilitzi el mateix model que l'indicat a l'apartat F.2.7.1, s'accepta la solució simplificada que es recull a la figura F.10.
- 2 Per poder usar el model estructural de la figura F.10 s'han de determinar prèviament els valors de càlcul dels efectes de les accions de l'estructura sobre el piló segons el que s'indica a l'apartat 2.4.2.5 utilitzant els coeficients de seguretat parcials,  $\gamma_E$ , que s'indiquen a la taula 2.1. En aquesta figura a aquests esforços se'ls denomina  $H_o$  i  $M_o$  (tallant i moment flector, respectivament).
- 3 El valor de la profunditat,  $z_o$ , a la figura F.10 és funció exclusiva de la longitud enterrada del piló, que es denomina "L" en la figura esmentada, i de la longitud elàstica "T", que es defineix a l'apartat F.2.7.1 en funció del producte d'inèrcia de la secció transversal del piló (EI) i de la deformabilitat del terreny.
- 4 El moment flector a la part enterrada de la figura F.10 es pot avaluar component les parts degudes a l'esforç de tall,  $H_o$ , part superior de la figura, i el degut al moment flector  $M_o$ , part inferior de la figura.

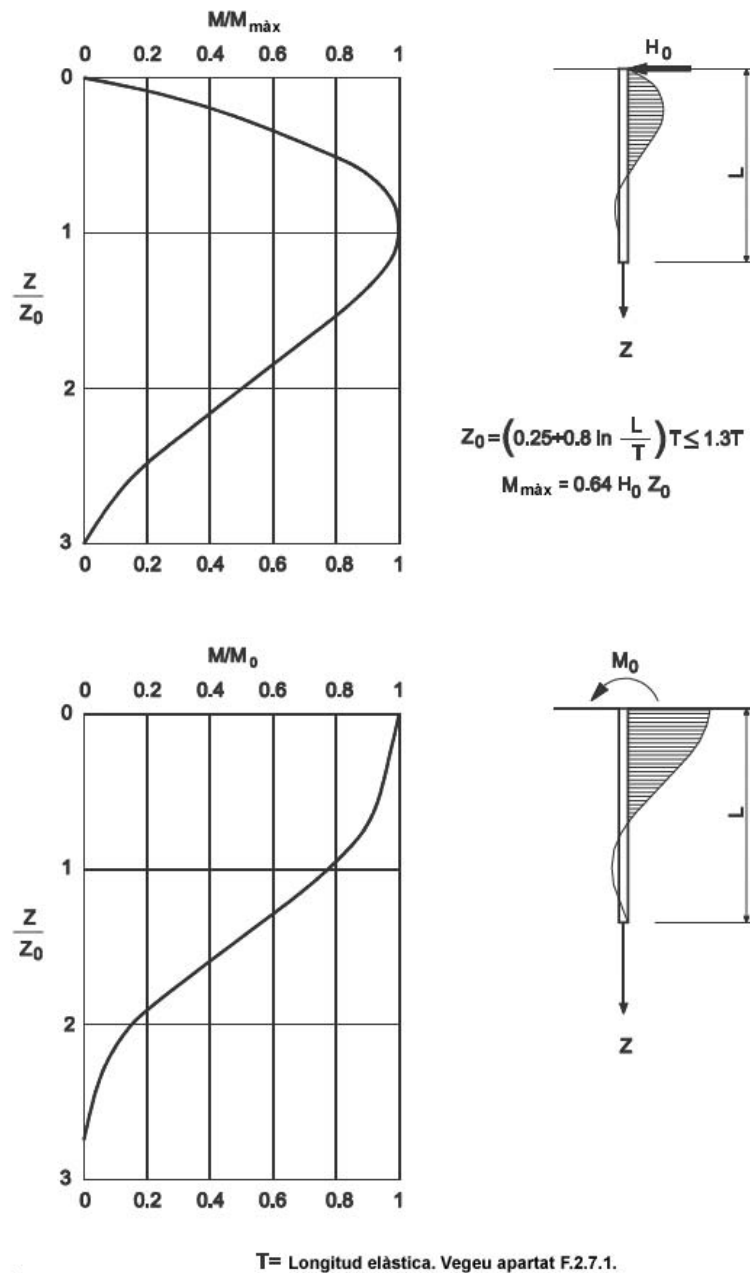


Figura F.10. Atenuació d'esforços a la part enterrada dels pilons

### F.3. Elements de contenció

#### F.3.1 Mètodes d'equilibri límit per a l'estudi de l'estabilitat de la pantalla

- 1 La comprovació de l'estabilitat pròpia de la pantalla es pot fer mitjançant el mètode de l'equilibri límit, suposant que és una estructura rígida i que es produeix el trencament del terreny a la base de la pantalla, als dos costats d'aquesta.
- 2 Les empentes del terreny i de l'aigua sobre la pantalla es determinen segons els criteris definits a l'apartat 6.2, prenent en consideració la possible presència d'edificacions o serveis pròxims al coronament.
- 3 Les empentes del terreny no han de ser inferiors, en cap cas, a  $0,25 \cdot \sigma'_v$ , en què  $\sigma'_v$  és la pressió efectiva vertical en cada capa del terreny.

- 4 Els càlculs es poden efectuar, en les fases intermèdies de l'excavació o de la construcció de l'edifici, considerant els valors representatius de les accions i els valors característics dels paràmetres del terreny. A la sotavolta s'ha de considerar únicament una fracció de l'empenta passiva (ja que els corriments que serien necessaris per a la seva mobilització completa són massa grans). En l'elecció d'aquesta fracció de l'empenta passiva és implícit el coeficient de seguretat de l'estabilitat de la pantalla. S'han de prendre les empentes actives sense afectar per cap coeficient de seguretat i els passius disminuïts, amb relació als de càlcul, pel coeficient,  $\gamma_e$ , definit a la taula 2.1.
- 5 Es plantegen les alternatives següents per a l'estudi de la pantalla:
  - a) pantalla en voladís;
  - b) pantalla amb un punt de subjecció;
  - c) pantalla amb més d'un punt de subjecció;

### F.3.1.1 Pantalla en voladís

- 1 A la figura F.11a es representa la deformada de la pantalla i les lleis d'empentes unitàries als dos costats d'aquesta, suposat un terreny homogeni sense cohesió i sense aigua així com sense construccions ni serveis al seu entorn.

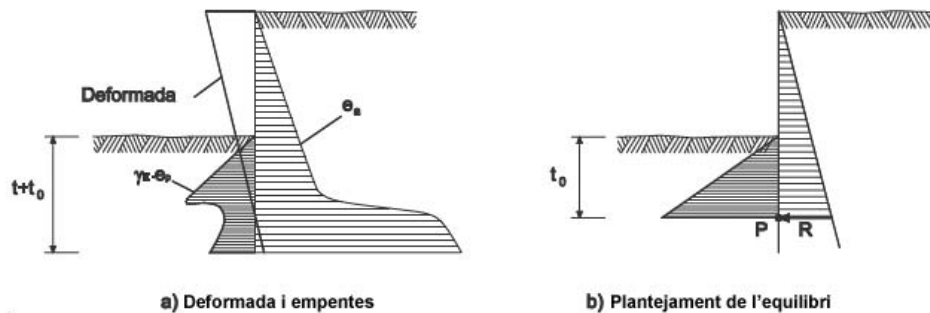


Figura F.11. Pantalla en voladís

- 2 A la figura F.11b es representen les lleis d'empentes simplificades per damunt del punt P de moment nul, i la resultant R de les empentes per sota d'aquest punt que se suposa actuant en P.
- 3 El plantejament de l'equilibri de forces i moments amb el diagrama de la figura F.11b permet determinar les dues incògnites R i  $t_0$ . En general, n'hi ha prou d'establir la nul·litat dels moments en P, amb el qual s'obté  $t_0$ .
- 4 Per determinar l'encastament total de la pantalla,  $t_0 + t$ , perquè sigui estable, es pot aplicar la regla empírica:
 
$$t = 0,2 t_0 \quad (F.62)$$
- 5 Aquest excés de profunditat per sota del punt de moment nul és suficient perquè es pugui desenvolupar la força R necessària per mantenir l'equilibri.
- 6 La magnitud de les empentes del terreny i de l'aigua es pot determinar per mitjà dels criteris definits a l'apartat 6.2, i l'empenta unitària obtinguda no pot ser inferior a  $0,25 \cdot \sigma'_v$ .
- 7 Si la pantalla és de palplanxes metàl·liques, l'angle de fricció del terreny amb la pantalla es considera nul. En qualsevol altre cas no s'ha de prendre com a superior als dos terços de l'angle de fricció interna del terreny.
- 8 La fricció de la pantalla amb el terreny a la sotavolta (costat de les empentes passives) s'ha de considerar nul·la.
- 9 En el càlcul de les empentes s'han de tenir en compte les sobrecàrregues de qualsevol tipus que hi pugui haver sobre el terreny a l'extradós de la pantalla.
- 10 El coeficient  $\gamma_e$  de minoració de l'empenta passiva es defineix a la taula 2.1.
- 11 Si l'excavació es fa per sota del nivell freàtic s'ha de considerar, a cada costat de la pantalla, la corresponent llei de pressions intersticials i d'empentes del terreny, en termes de tensions efectives.

### F.3.1.2 Pantalla amb un punt de subjecció pròxim a coronament

- 1 Es plantegen dos possibles mètodes d'anàlisi:
  - a) mètode de "base lliure";
  - b) mètode de "base encastada".
- 2 El trencament per rotació o translació de la pantalla amb un punt de subjecció es pot efectuar en la hipòtesi que tots els corriments de la pantalla, a la part encastada, tenen el mateix sentit (cap al costat de l'excavació). Aquest procediment es coneix amb el nom de "base lliure".
- 3 A la figura F.12a es representa la deformatada de la pantalla i les lleis d'empentes unitàries, actives a l'extradós i passives a la sotavolta per sota del fons d'excavació; a la figura F.12b es representen les lleis d'empentes simplificades.

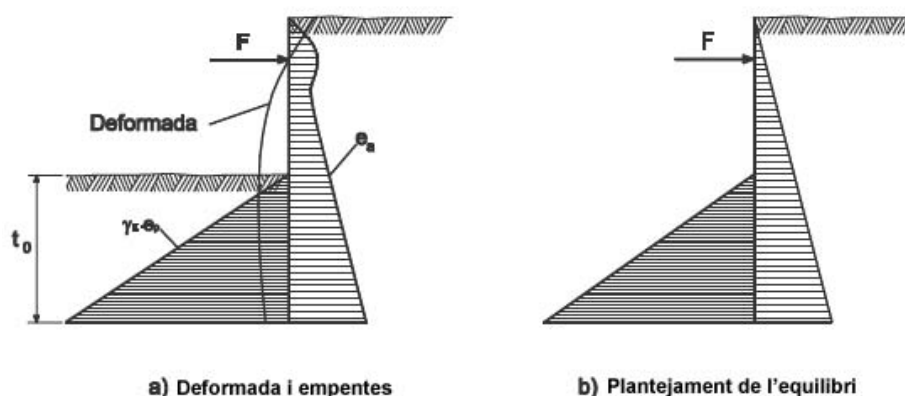


Figura F.12. Pantalla amb un punt de subjecció i base lliure

- 4 La magnitud de les empentes es pot determinar per mitjà dels criteris definits per a pantalles en voladís i a l'apartat 6.2, i l'empenta unitària obtinguda no pot ser inferior a  $0,25 \cdot \sigma'_v$ .
- 5 El coeficient  $\gamma_\epsilon$  de minoració de l'empenta passiva es defineix a la taula 2.1.
- 6 El plantejament de l'equilibri de forces i moments permet determinar les dues úniques incògnites, la força de subjecció  $F$  i la profunditat d'encastament  $t_0$ , estrictament necessària per a l'estabilitat. Com a profunditat real d'encastament s'ha de prendre:
 
$$t_0 + 0,2 t_0 \quad (F.63)$$
- 7 Una altra possible alternativa de càlcul consisteix en el mètode de la "base encastada". Aquest mètode pren en consideració el fet que, quan la profunditat d'encastament augmenta, apareix un cert encastament a la base. Utilitza la hipòtesi de Blum (el punt de moment nul coincideix aproximadament amb el punt d'empenta nul·la). A la figura F.13a es representen la deformatada i les lleis d'empentes, en el cas de sòl homogeni, sense cohesió i sense aigua. A la figura F.13b es representen les lleis d'empentes unitàries simplificades, i a la figura F.13c, les que es consideren per al plantejament de l'equilibri, juntament amb les forces  $F$ , de subjecció i  $R$ , resultant d'empentes per sota del punt  $P$ , que es requereixen per a establir-lo. S'ha representat la llei d'empentes resultant i es pot apreciar que té valor nul en un cert punt  $O$  (en el qual, l'empenta activa a l'extradós iguala la passiva afectada pel coeficient de seguretat a la sotavolta), per sota del nivell d'excavació.



## Document bàsic SE-C Fonaments

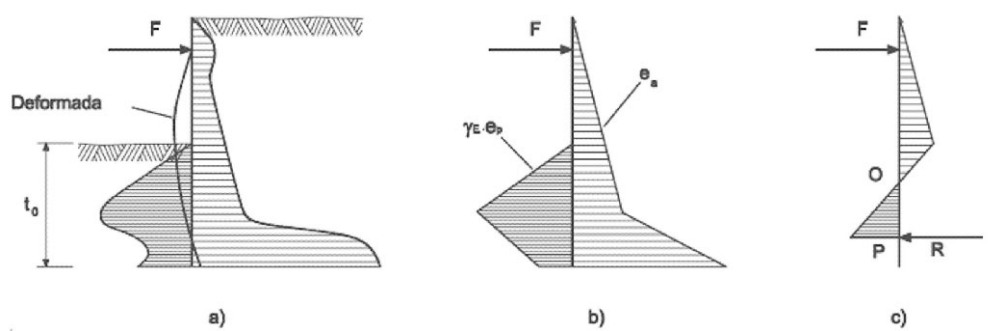


Figura F.13. Pantalla amb un sol punt de subjecció i base encastada

- 8 En aquest cas el nombre d'incògnites és de tres ( $t_0$ ,  $F$  i  $R$ ), mentre que el d'equacions estàtiques és de dos (equilibri de resultant i de moments). Per resoldre el problema es fa ús d'una hipòtesi auxiliar, molt aproximada a la realitat, consistent a suposar que el moment de la força de subjecció al punt  $O$  és igual i contrari al de les empentes unitàries per damunt d'aquest punt, amb relació a aquest. O el que és el mateix, que el moment flector de la pantalla apunt  $O$  és nul. Aquesta hipòtesi proporciona la tercera equació necessària.
- 9 Per determinar l'encastament total de la pantalla,  $t_0 + t$ , perquè sigui estable, s'hi aplica la regla empírica:
 
$$t = 0,2 t_0 \quad (F.64)$$
- 10 Aquest excés de profunditat per sota del punt de corriment nul és suficient perquè es pugui desenvolupar la força  $R$  necessària per mantenir l'equilibri.

**F.3.1.3 Pantalla amb més d'un punt de subjecció**

- 1 El problema de l'estabilitat és estàticament indeterminat, fins i tot en cas que la pantalla es projecti sense suport fix a la zona d'encastament. Les empentes sobre la pantalla s'han de definir segons els criteris establerts a l'apartat 6.2.
- 2 Quant a les forces de subjecció, és necessari fer hipòtesis suplementàries raonables, sobre quina part de les empentes actives absorbeix cada ancoratge o element de subjecció, i és convenient efectuar els càlculs mitjançant procediments que prenguin en consideració la interacció terreny-pantalla (basats en el model de Winkler o mitjançant mètodes d'elements finits o diferències finites).
- 3 La deformada real, en cada cas, depèn de la magnitud de les empentes (o de la naturalesa del terreny), de la flexibilitat de la pantalla, del tipus de subjecció i del moment en què comenci a actuar amb relació a l'excavació.

**F.3.1.4 Mètodes basats en el model de Winkler per a l'estudi de l'estabilitat de la pantalla**

- 1 La pantalla es modelitza com una biga elàstica sobre molles.
- 2 A la figura F.14a s'esquematitza una pantalla amb el terreny modelat mitjançant una sèrie de molles i a la figura F.14b la llei empena del terreny – deformació (tensió, desplaçament) que s'ha de definir per a cadascun d'aquests.

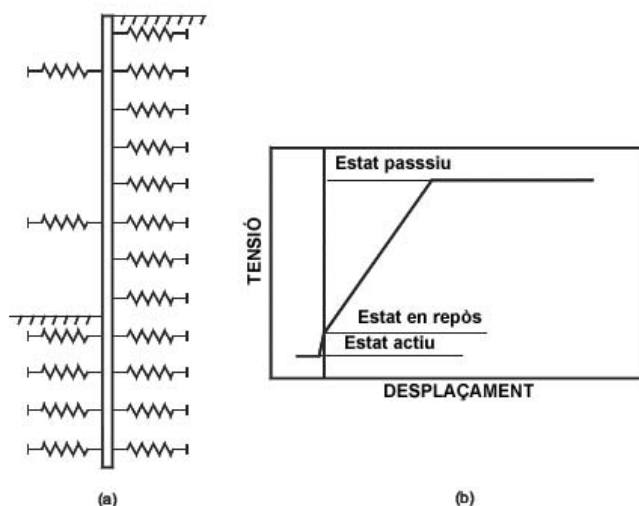


Figura F.14. Pantalla modelada com a biga elàstica sobre molles

- 3 L'estudi geotècnic ha de proporcionar la informació necessària per definir la llei tensió-desplaçament de cadascun dels molls, mitjançant:
  - a) coeficients de balast;
  - b) coeficients d'empenta activa i passiva;
  - c) empenta al repòs (incloent-hi les empentes degudes al terreny i a l'aigua).
- 4 El coeficient de balast  $k_h$  es defineix com el quocient entre la pressió horitzontal ( $q$ ) aplicada sobre un determinat punt del terreny en el parament de la pantalla i el desplaçament horitzontal ( $\delta$ ) experimentat per aquest punt:
 
$$k_h = \frac{q}{\delta} \quad (F.65)$$
- 5 El coeficient de balast, així definit, té unitats de densitat.
- 6 El coeficient de balast no és un paràmetre intrínsec del material i en la seva definició s'han de prendre en consideració la geometria i les característiques de la pantalla i el nivell d'excavació.
- 7 L'estimació del coeficient de balast es pot realitzar:
  - a) a partir de correlacions prou contrastades amb paràmetres geotècnics del terreny;
  - b) a partir de la determinació de paràmetres de deformabilitat representatius del terreny a la zona d'influència de la pantalla, ja sigui mitjançant assajos in situ o de laboratori, i el càlcul geotècnic posterior per estimar moviments en funció del nivell de tensions a la pantalla.
- 8 Es poden considerar valors del coeficient de balast diferents a les branques de càrrega i descàrrega.
- 9 Els elements de suport s'han de modelar mitjançant molles caracteritzades amb les seves lleis tensió-desplaçament.
- 10 Els càlculs s'han d'efectuar considerant els valors representatius de les accions i els valors característics dels paràmetres del terreny.
- 11 Aquest mètode d'anàlisi permet estudiar pantalles amb diversos nivells d'apuntament o ancoratge i considerar en el càlcul el procés d'execució. Així mateix, permet estimar el moviment horitzontal de la pantalla.
- 12 S'ha de comprovar que el quocient entre l'empenta passiva total i la mobilitzada,  $\gamma_E$ , és superior a 0,6 (passiva mobilitzada inferior al 60%) en situacions permanents o transitòries i a 0,8 (passiva mobilitzada inferior al 80%) en situacions extraordinàries (taula 2.1).

#### F.3.1.5 Mètodes basats en models d'elements finits o diferències finites per a l'estudi de l'estabilitat de la pantalla

- 1 El càlcul de la pantalla es pot efectuar utilitzant models d'elements finits o diferències finites, considerant el comportament del terreny segons un model elasto-plàstic.

---

Document bàsic SE-C Fonaments

---

- 2 La caracterització dels materials en els càlculs tensodeformacionals s'ha d'ajustar a partir d'experiències comparables, amb el mateix model de càlcul. La deformabilitat adoptada per als materials s'ha d'avaluar prenent en consideració el seu nivell de deformació.
- 3 El càlcul s'ha d'efectuar amb programes prou contrastats en aquest tipus d'estudis, i si s'escau, s'ha d'efectuar l'anàlisi de contrast amb procediments clàssics.
- 4 La pantalla s'ha de modelar com una biga elàstica amb uns elements d'interfície que han de caracteritzar el contacte terreny-pantalla.
- 5 Les eines de càlcul han d'eliminar les traccions tant en el terreny com en els elements d'interfície.
- 6 L'estudi geotècnic ha de proporcionar els paràmetres necessaris per definir el comportament tensodeformacional dels diferents nivells de terreny afectats per l'obra.
- 7 Els càlculs s'han d'efectuar considerant els valors representatius de les accions i els valors característics dels paràmetres del terreny.
- 8 Aquest mètode d'anàlisi permet estudiar pantalles amb diversos nivells d'apuntament o ancoratge i considerar, en el càlcul, el procés d'execució. Així mateix permet estimar el moviment de la pantalla i dels elements de fonamentació o serveis pròxims.
- 9 L'estabilitat de la pantalla s'ha de comprovar mitjançant un dels dos procediments següents:
  - a) efectuant els càlculs minorant els paràmetres resistents del terreny. Es consideren coeficients de seguretat,  $\gamma_M$ , d'1,5 en situació permanent o transitòria i 1,2 en situació extraordinària (taula 2.1);
  - b) calculant directament el coeficient de seguretat,  $\gamma_M$ , que ha de ser superior a 1,5 en situació permanent o transitòria i a 1,2 en situació extraordinària.

## Annex G. Normes de referència

### Normativa UNE

UNE 22 381:1993	Control de vibracions produïdes per voladures.
UNE 22 950-1:1990	Propietats mecàniques de les roques. Assajos per a la determinació de la resistència. Part 1: Resistència a la compressió uniaxial.
UNE 22 950-2:1990	Propietats mecàniques de les roques. Assajos per a la determinació de la resistència. Part 2: Resistència a la tracció. Determinació indirecta (assaig brasiler).
UNE 80 303-1:2001	Fonaments amb característiques addicionals. Part 1: Fonaments resistents als sulfats.
UNE 80 303-2:2001	Fonaments amb característiques addicionals. Part 2: Fonaments resistents a l'aigua de mar.
UNE 80 303-3:2001	Fonaments amb característiques addicionals. Part 3: Fonaments de calor d'hidratació baixa.
UNE 103 101:1995	Anàlisi granulomètrica de sòls per sistema de tirants d'ancoratge.
UNE 103 102:1995	Anàlisi granulomètrica de sòls fins per sedimentació. Mètode del densímetre.
UNE 103 103:1994	Determinació del límit líquid d'un sòl pel mètode de l'aparell de Casagrande.
UNE 103 104:1993	Determinació del límit plàstic d'un sòl.
UNE 103 108:1996	Determinació de les característiques de retracció d'un sòl.
UNE 103 200:1993	Determinació del contingut de carbonats en els sòls.
UNE 103 202:1995	Determinació qualitativa del contingut en sulfats solubles d'un sòl.
UNE 103 204:1993	Determinació del contingut de matèria orgànica oxidable d'un sòl pel mètode del permanganat potàssic.
UNE 103 300:1993	Determinació de la humitat d'un sòl mitjançant assecada a l'estufa.
UNE 103 301:1994	Determinació de la densitat d'un sòl. Mètode de la balança hidrostàtica.
UNE 103 302:1994	Determinació de la densitat relativa de les partícules d'un sòl.
UNE 103 400:1993	Assaig de trencament a la compressió simple en provetes de sòl.
UNE 103 401:1998	Determinació dels paràmetres de resistents a l'esforç tallant d'una mostra de sòl a la caixa de tall directe.
UNE 103 402:1998	Determinació dels paràmetres resistents d'una mostra de sòl en l'equip triaxial.
UNE 103 405:1994	Geotècnia. Assaig de consolidació unidimensional d'un sòl en edòmetre.

## Document bàsic SE-C Fonaments

---

UNE 103 500:1994	Geotècnia. Assaig de compactació. Proctor normal.
UNE 103 501:1994	Geotècnia. Assaig de compactació. Proctor modificat.
UNE 103 600:1996	Determinació de l'expansivitat d'un sòl en l'aparell Lambe.
UNE 103 601:1996	Assaig de l'inflament lliure d'un sòl en edòmetre.
UNE 103 602:1996	Assaig per calcular la pressió d'inflament d'un sòl en edòmetre.
UNE 103 800:1992	Geotècnia. Assajos in situ. Assaig de penetració estàndard (SPT).
UNE 103 801:1994	Prova de penetració dinàmica superpesant.
UNE 103 802:1998	Geotècnia. Prova de penetració dinàmica pesant.
UNE 103 804:1993	Geotècnia. Procediment internacional de referència per a l'assaig de penetració amb el con (CPT).
UNE EN 1 536:2000	Execució de treballs especials de geotècnia. Pilons perforats.
UNE EN 1 537:2001	Execució de treballs geotècnics especials. Ancoratges.
UNE EN 1 538:2000	Execució de treballs geotècnics especials. Murs pantalla.
UNE EN 12 699:2001	Realització de treballs geotècnics especials. Pilons de desplaçament.

**Normativa ASTM**

ASTM : G57-78 (G57-95a)	Standard Test Method for field measurement of soil resistivity using the Wenner Four-Electrode Method.
ASTM : D 4428/D4428M-00	Standard Test Methods for Crosshole Seismic Testing.

**Normativa NLT**

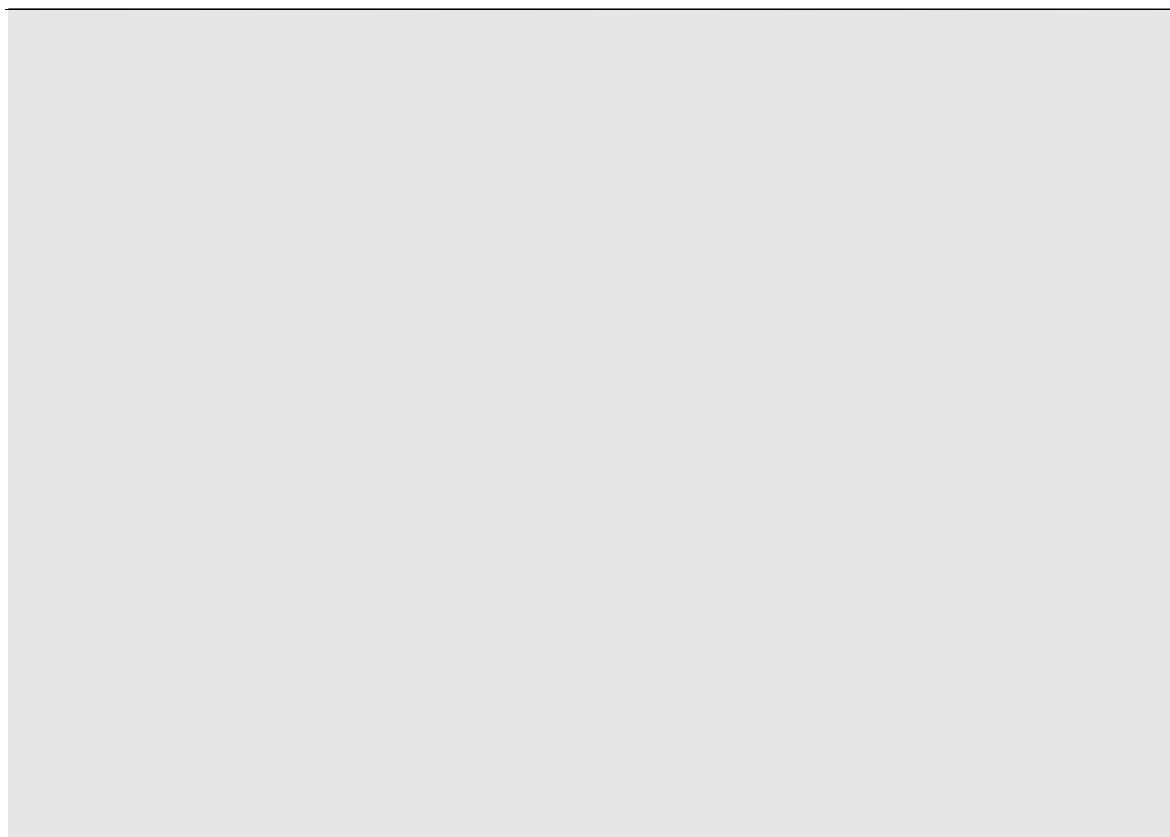
NLT 225:1999	Estabilitat dels àrids i fragments de roca enfront de l'acció d'ensorrament a l'aigua.
NLT 254:1999	Assaig de col·lapse en sòls.
NLT 251:1996	Determinació de la durabilitat a l'ensorrament de roques toves.

# Document bàsic **SE-F**

---

**Seguretat estructural:  
Fàbrica**

---



# Índex

## **1 Generalitats**

- 1.1 Àmbit d'aplicació
- 1.2 Consideracions prèvies
- 1.3 Condicions particulars per al compliment del DB-SE-F

## **2 Bases de càlcul**

- 2.1 Generalitats
- 2.2 Juntures de moviment
- 2.3 Capacitat portant
- 2.4 Aptitud al servei

## **3 Durabilitat**

- 3.1 Classe d'exposició
- 3.2 Adequació dels materials
- 3.3 Armadures

## **4 Materials**

- 4.1 Peces
- 4.2 Morters
- 4.3 Formigó
- 4.4 Armadures
- 4.5 Components auxiliars
- 4.6 Fàbriques

## **5 Comportament estructural**

- 5.1 Generalitats
- 5.2 Murs sotmesos predominantment a càrrega vertical
- 5.3 Murs sotmesos a tallant
- 5.4 Murs amb accions laterals locals
- 5.5 Falques
- 5.6 Fàbrica armada a flexió
- 5.7 Bigues de gran cantell

## **6 Solucions constructives**

- 6.1 Tipus de murs

## **7 Execució**

- 7.1 Execució de murs
- 7.2 Llindes
- 7.3 Enllaços
- 7.4 Regates i rebaixos
- 7.5 Disposicions relatives a les armadures
- 7.6 Fàbrica pretesada

## **8 Control de l'execució**

- 8.1 Recepció de materials
- 8.2 Control de la fàbrica
- 8.3 Morters i formigons de rebliment
- 8.4 Armadures

8.5 Protecció de fàbriques en execució

## **9 Manteniment**

### **Annex A. Terminologia**

### **Annex B. Notació i unitats**

B.1 Notació

B.2 Unitats

### **Annex C. Valors de resistència característica a la compressió**

### **Annex D. Determinació del factor $\Phi$ a mitja altura d'un mur**

### **Annex E. Determinació de l'altura de càlcul d'un mur**

### **Annex F. Càlcul del factor d'increment $\xi$ per a càrregues concentrades**

### **Annex G. Coeficients de flexió**

### **Annex H. Normes de referència**



## 1 Generalitats

### 1.1 Àmbit d'aplicació

- 1 El camp d'aplicació d'aquest DB és el de la verificació de la seguretat estructural de murs resistents en l'edificació realitzats a partir de peces relativament petites, comparades amb les dimensions dels elements, assentades mitjançant morter, com ara fàbriques de maó, blocs de formigó i de ceràmica alleugerida, i fàbriques de pedra, incloent-hi el cas que continguin armadures actives o passives en els morters o reforços de formigó armat.
- 2 Queden exclosos d'aquest DB els murs de càrrega que no tenen elements destinats a assegurar la continuïtat amb els forjats (encadenats), tant els que confien l'estabilitat al fregament dels extrems de les biguetes, com els que confien l'estabilitat exclusivament al seu gruix o a la seva vinculació amb altres murs perpendiculars sense col·laboració dels forjats. També queden excloses les fàbriques construïdes amb peces col·locades "en sec" (sense morter a les juntures horitzontals) i les de pedra les peces de les quals no són regulars (pedres de paredar) o no s'assenten sobre juntures de filada horitzontals, i aquelles en què el seu gruix s'aconsegueix a partir de rebliments amorfs entre dues fulles de carreus.
- 3 La satisfacció d'altres requisits (aïllament tèrmic, acústic o resistència al foc) queden fora de l'abast d'aquest DB. Els aspectes relatius a la fabricació, muntatge, control de qualitat, conservació i manteniment es tracten en la mesura necessària per indicar les exigències que s'han de complir en concordança amb les bases de càlcul.

### 1.2 Consideracions prèvies

- 1 Aquest DB estableix condicions tant per a elements de fàbrica sustentadora, la que forma part de l'estructura general de l'edifici, com per a elements de fàbrica sustentada, destinada només a suportar les accions directament aplicades sobre aquesta, i que ha de transmetre a l'estructura general.
- 2 El tipus estructural de referència de fàbrica sustentadora és mitjançant murs de càrrega en dues direccions, bé portants, en què se sustenten els forjats, o bé de travada, amb forjats solidaris mitjançant encadenats resistents a la tracció, a la flexió i al tallant (normalment de formigó armat), i monolítics, sigui a partir d'una llosa de formigó in situ o d'un altre procediment que tingui els mateixos efectes.
- 3 La fàbrica sustentada s'ha d'enllaçar amb l'estructura general de manera adequada a la transmissió esmentada, i construir de manera que respecti les condicions suposades en els dos elements.
- 4 Les limitacions generals establertes a les deformacions estructurals no protegeixen la fàbrica sustentada de l'efecte que hi introdueix la deformació de l'estructura que la suporta. En particular:
  - a) No eviten que la fàbrica suposadament sustentada, a causa de tenir més rigidesa, passi a ser sustentadora ni tampoc que les accions tèrmiques i reològiques que actuen sobre la fàbrica sustentada, si són coaccionades per l'estructura general, es tradueixin en tensions per a la fàbrica esmentada.
  - b) Quan el vincle entre fàbrica i estructura permeti la interacció entre totes dues, s'han de considerar els esforços que, per aquest motiu, s'ocasionaran sobre la fàbrica, per procedir al seu dimensionament i comprovació d'acord amb aquest DB.
- 5 Per a formigons i acers d'armar, en tot el que no contradigui aquest DB, és aplicable la instrucció de formigó estructural EHE.

### 1.3 Condicions particulars per al compliment del DB-SE-F

- 1 L'aplicació dels procediments d'aquest DB s'ha de portar a terme d'acord amb les condicions particulars que s'hi estableixen, amb les condicions particulars indicades al DB-SE i amb les condicions generals per al compliment del CTE, les condicions del projecte, les condicions en l'execució de les obres i les condicions de l'edifici que figuren als articles 5, 6, 7 i 8 respectivament de la part I del CTE.
- 2 La documentació del projecte és la que figura a l'apartat 2 Documentació del DB-SE, incloent-hi a més:
  - a) en la memòria i plec de condicions les prescripcions tècniques dels elements de les fàbriques, per referència al que disposa l'apartat 4 d'aquest DB;
  - b) en cada pla del projecte d'edificació en què es representin murs resistents les propietats específiques d'aquests i les dels morters i si s'escau formigons utilitzats per construir-los, així com el tipus d'ambient per al qual s'ha projectat cada element.
- 3 La documentació de l'obra executada s'ha d'elaborar d'acord amb el que exigeixen l'article 8 de la part I del CTE, l'apartat 2.2 del DB-SE i l'apartat 9 Manteniment d'aquest DB, incloent-hi els aspectes següents:
  - a) en el pla de manteniment s'ha de destacar que la inspecció ha de prestar atenció a fissures, humitats, celles o moviments diferencials, alteracions superficials de duresa, textura o colorit, i si s'escau a signes de corrosió d'armadures i el nivell de carbonatació del morter;
  - b) quan algun component posseeixi una durabilitat inferior a la suposada per a la resta de l'obra gruixuda, s'ha d'establir un seguiment específic del seu envelliment en el pla de manteniment i s'han de disposar mesures constructives que en facilitin la substitució;
  - c) quan s'utilitzin materials que hagin d'estar protegits, segons les prescripcions del capítol 3 d'aquest DB, s'ha d'establir un programa específic per revisar les proteccions esmentades.

## 2 Bases de càlcul

### 2.1 Generalitats

- 1 En aquest apartat es desenvolupen i completen les regles, establertes amb caràcter general en ES, per al cas d'elements resistents de fàbrica.

### 2.2 Juntures de moviment

- 1 S'han de disposar juntures de moviment per permetre dilatacions tèrmiques i per humitat, fluència i retracció, les deformacions per flexió i els efectes de les tensions internes produïdes per càrregues verticals o laterals, sense que la fàbrica pateixi danys, tenint en compte, per a les fàbriques sustentades, les distàncies indicades a la taula 2.1. Aquestes distàncies corresponen a edificis de planta rectangular o concentrada. Si la planta té forma asimètrica, amb ales en forma de L, U, etc., les longituds de les quals siguin més grans que la meitat de les indicades, s'han de disposar juntures prop dels punts d'encontre d'aquestes. Sempre que sigui possible la juntura s'ha de projectar amb cavalcament (vegeu la figura 2.1).

Taula 2.1 Distància entre juntures de moviment de fàbriques sustentades

Tipus de fàbrica	Distància entre les juntures (m)		
de pedra natural	30		
de peces de formigó cel·lular en autoclau	22		
de peces de formigó ordinari	20		
de pedra artificial	20		
de peces d'àrid lleuger (excepte pedra tosca o argila expandida)	20		
de peces de formigó lleuger de pedra tosca o argila expandida	15		
de maó ceràmic <sup>(1)</sup>	Retracció final (mm/m)	Expansió final per humitat (mm/m)	
	≤ 0,15	≤ 0,15	30
	≤ 0,20	≤ 0,30	20
	≤ 0,20	≤ 0,50	15
	≤ 0,20	≤ 0,75	12
	≤ 0,20	≤ 1,00	8

<sup>(1)</sup> Es pot interpolar linealment

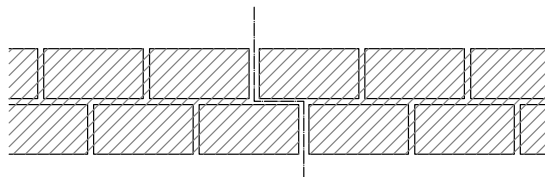


Figura 2.1 Junta de dilatació amb cavalcament. Esquema en planta

### 2.3 Capacitat portant

- 1 En les anàlisis de comportament de murs en estat límit de trencament es pot adoptar un diagrama de tensió a deformació del tipus rígid-plàstic.
- 2 El coeficient parcial de seguretat per a accions de pretesatge, després de les pèrdues ha de ser igual a 1,00.
- 3 La comprovació de l'estat límit últim d'ancoratge en elements sotmesos a efectes locals de pretesatge s'ha de realitzar per al valor de càrrega última dels tensors.

## 2.4 Aptitud al servei

- 1 En tot cas s'ha de comprovar que, sota les combinacions d'accions del tipus freqüent, no hi ha deformacions verticals entre dos punts qualssevol d'un mateix pany que superin  $1/1000$  de la distància que els separa.
- 2 Per evitar la fissuració i assegurar la durabilitat de l'acer pretesat, s'ha de comprovar que, per a les combinacions d'accions del tipus gairebé permanent, no es produeixen traccions ni trencament a compressió de la fàbrica. Es considera que ja s'ha transferit el pretesatge, una vegada produïdes les pèrdues de tensió.
- 3 El coeficient parcial de seguretat per a accions de pretesatge, després de les pèrdues, és igual a 0,90 si l'armadura és posttesada i l'efecte de l'acció és favorable; igual a 0,95 si l'armadura és pretesada i l'efecte de l'acció és favorable; igual a 1,10 si l'armadura és posttesada i l'efecte de l'acció és desfavorable, i igual a 1,05 si l'armadura és pretesada i l'efecte de l'acció és desfavorable.
- 4 Després de les pèrdues, es considera que l'esforç de pretesatge és constant.

### 3 Durabilitat

- 1 La durabilitat d'un pany de fàbrica és la capacitat per suportar, durant el període de servei per al qual ha estat projectat l'edifici, les condicions físiques i químiques a les quals estarà exposat. La manca d'aquesta capacitat podria ocasionar nivells de degradació no considerats en l'anàlisi estructural, i deixar la fàbrica fora d'ús.
- 2 L'estratègia dirigida a assegurar la durabilitat considera:
  - a) la classe d'exposició a la qual estarà sotmès l'element;
  - b) composició, propietats i comportament dels materials.

#### 3.1 Classe d'exposició

- 1 La classe d'exposició defineix l'agressivitat del mitjà en què s'ha de mantenir l'element sense detriment de les seves propietats.
- 2 A les taules 3.1 i 3.2 es descriuen les classes d'exposició a les quals pot estar exposat un element. Per a l'assignació de la classe o classes a un element de fàbrica, a més de qüestions relatives a l'entorn (orientació, salinitat del medi, atac químic, etc.), s'ha de tenir en compte la severitat de l'exposició local a la humitat, és a dir: la situació de l'element en l'edifici i l'efecte de certes solucions constructives (com ara la protecció que poden oferir ales, cornises i cavallons, dotats d'un goteró adequadament dimensionat) i l'efecte de revestiments i aplacats protectors.
- 3 Si s'utilitza un acabat exterior impermeable a l'aigua de pluja, aquest ha de ser permeable al vapor, per evitar condensacions de la massa del mur, en els termes establerts al DB-HE.

Taula 3.1 Classes generals d'exposició

Classe i designació	Tipus de procés	Descripció	Exemples
<b>Interior</b> No agressiva	<b>I</b> Cap	Interiors d'edificis no sotmesos a condensacions	Interiors d'edificis, protegits de la intempèrie
<b>Exterior</b> Humitat mitjana	<b>II a</b> Carbonatació del conglomerant. Principi de sabulització dels maons i expansió de nuclis de calç.	Exteriors sotmesos a l'acció de l'aigua en zones amb precipitació mitjana anual inferior a 600 mm.	Exteriors protegits de la pluja
<b>Exterior</b> Humitat alta	<b>II b</b> Carbonatació ràpida del conglomerant. Sabulització dels maons i expansió dels nuclis de calç.	Interiors amb humitats relatives >65% o condensacions, o amb una precipitació mitjana anual superior a 600 mm.	Exteriors no protegits de la pluja. Soterranis no ventilats. Fonaments.
<b>Exterior</b> Marí aeri	<b>III a</b> Corrosió de les armadures per clorurs. Sabulització dels maons i expansió de nuclis de calç.	Proximitat al mar per damunt del nivell de plenamar. Zones costaneres	Proximitat a la costa. Pantalans, obres de defensa litoral i instal·lacions portuàries.
<b>Medi marí</b> Marí submergit	<b>III b</b> Corrosió de les armadures per clorurs. Sulfatació i destrucció per expansivitat del conglomerant i dels derivats del ciment. Sabulització dels maons i expansió dels nuclis de calç.	Per sota del nivell mínim de baixamar permanentment. Terrenys rics en sulfats.	Recorregut de marea en dics, pantalans i obres de defensa litoral.
<b>Medi marí</b> Marí alternat	<b>III c</b> Corrosió ràpida de les armadures per clorurs. Sulfatació i destrucció per expansivitat del conglomerant i dels derivats del ciment.	Zones marines situades en el recorregut de l'amplitud de les marees.	Ídem III b.
<b>Altres clorurs</b> (no marins)	<b>IV</b> Ídem que III c. Sulfatació i carbonatació.	Aigua amb un contingut elevat de clor. Exposició a sals procedents del desglaç	Piscines. Zones de neu (alta muntanya). Estacions de tractament d'aigües

## Document bàsic SE-F Fàbrica

Taula 3.2 Classes específiques d'exposició

Classe i designació		Aigua					Sòl			
Química agressiva		pH	CO <sub>2</sub>	ló amoni	ló magnesi	ló sulfat mg	Residu	Gr. acidesa Bauman-Gully	ló sulfat mg SO <sub>4</sub> /kg sòl sec	
			agressiu mg CO <sub>2</sub> /l	mg NH <sub>4</sub> /l	mg Mg/l	SO <sub>4</sub> /l				sec
Feble	<b>Qa</b>	6,5-5,5	15-40	15-30	300 -1.000	200-600	75 250	> 20	2.000-3.000	
Mitjana	<b>Qb</b>	5,5-4,5	40-100	30-60	1.000-3.000	600-3.000	50 75	Inusual	3.000-2.000	
Forta	<b>Qc</b>	< 4,5	> 100	> 60	> 3.000	> 3.000	< 50	Inusual	> 12.000	
Amb gelades		Tipus de procés					Exemples			
sense sals fundents	<b>H</b>	Atac gel-des glaç. <sup>(1)</sup>					Construccions en zones d'alta muntanya Estacions hivernals			
amb sals fundents	<b>F</b>	Atac per sals fundents <sup>(2)</sup>					Taulers de passarel·les o baranes de ponts en zones d'alta muntanya			
<b>Erosió</b>	<b>E</b>	Processos d'abració o cavitació <sup>(3)</sup>					Pilars de pont en cursos molt torrencials			

<sup>(1)</sup> Elements en contacte freqüent amb aigua o zones amb una humitat relativa a l'hivern superior al 75% i que tinguin una probabilitat anual superior al 50% d'assolir almenys una vegada temperatures per sota de 5 °C.

<sup>(2)</sup> Elements pròxims al trànsit de vehicles o vianants en zones de més de 5 nevades anuals o amb un valor mitjà de la temperatura mínima els mesos d'hivern inferior a 0 °C.

<sup>(3)</sup> Elements sotmesos a un desgast superficial o singulars de construccions hidràuliques. Elements de dics, pantanals i obres de defensa litoral que estiguin sotmesos a forts onatges.

### 3.2 Adequació dels materials

- Al marge del que s'especifica per als materials en els diferents apartats, s'han de respectar les restriccions que s'estableixen a la taula 3.3.

Taula 3.3 Restriccions d'ús dels components de les fàbriques <sup>(1)</sup>

Elements	Classes d'exposició													Tempe-ratura	
	generals							específiques							
	I	II a	II b	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E	B	A
<b>Peces</b>															
Maó massís o perforat. Extrusió. Categoria I	-	-	-	-	-	-	-	-	R	R	-	R	R	-	-
Maó massís o perforat. Extrusió. Categoria II	-	D	-	D	D	R	R	D	R	R	R	D	X	-	-
Maó massís artesanal. Categories I o II	-	D	D	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-
Bloc de formigó escumat	-	D	D	X	X	X	X	X	X	X	D	X	X	-	D
Bloc de formigó amb ciment CEM III i CEM IV	-	-	-	-	-	-	R	R	X	X	R	R	X	-	R
<b>Morters</b>															
Ciment Portland CEM I amb plastificant	-	D	D	X	X	X	X	X	X	X	D	X	R	-	D
Ciment addició CEM II amb plastificant	-	-	R	R	R	X	X	R	X	X	D	X	X	-	D
Forn alt i/o putzolànic CEM III amb plastificant	-	-	-	-	-	-	-	-	R	R	D	R	X	-	D
Mixt de CEM II i calç	-	R	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	R	X	-
De calç	-	R	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-
<b>Elements d'enllaç</b>															
Acer inox austenític	-	-	-	-	-	-	X	-	R	X	-	-	-	-	-
Acer inox ferrític	-	D	R	R	X	X	X	X	X	X	R	R	R	-	R
Acer autoprotegit zincat de 140µm (1000gr/m <sup>2</sup> )	-	D	D	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X
Acer autoprotegit zincat de 90µm (600gr/m <sup>2</sup> )	-	D	D	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X
Acer autoprotegit gruixut zincat 20µm (140gr/m <sup>2</sup> )	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X
Acer zincat <20µm protegit amb resina	-	R	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	R	X

- : sense restriccions R: amb algunes reserves D: es pot emprar si es protegeix X: no s'ha d'usar

B: Temperatures superiors a 100 °C. A: Temperatures d'incendi, superiors a 900 °C.

El zinc es torna trencadís cap als 250 °C i es fon als 419 °C. Les resines són inestables cap als 80 °C.

### 3.3 Armadures

- Amb acer galvanitzat, o en classes III, IV o Q amb qualsevol subclasse amb acer inoxidable austenític, n'hi ha prou amb un recobriments mínim de 15 mm. Per galvanitzat s'entén el d'una capa de com a mínim 900 g/m<sup>2</sup> de zinc. Una protecció equivalent és una capa de zinc de 60 g/m<sup>2</sup> i una capa d'epoxi d'un gruix mínim de 80 µm i un gruix mitjà de 100 µm. Un equivalent a l'acer inoxidable austenític massís, als efectes de protecció, es pot obtenir revestint l'acer al carboni amb, almenys, 1 mm d'acer inoxidable austenític.

## Document bàsic SE-F Fàbrica

- 2 Els tractaments de protecció s'han de realitzar un cop conformades les barres, tenint cura que no es deteriorin al llarg del procés d'execució posterior.
- 3 Per a les armadures de juntura de filada, en classe I, es poden utilitzar armadures d'acer al carboni sense protecció. Per a les classes IIa i IIb, s'han d'utilitzar armadures d'acer al carboni protegides mitjançant galvanitzat fort o una protecció equivalent, llevat que la fàbrica estigui acabada mitjançant un arrebossat de les cares exposades, el morter de la fàbrica no sigui inferior a M5 i el recobriment lateral mínim de l'armadura no sigui inferior a 30 mm; en aquest cas es poden utilitzar armadures d'acer al carboni sense protecció. Per a les classes III, IV, H, F i Q, en totes les subclasses les armadures de juntura de filada han de ser d'acer inoxidable austenític o equivalent.
- 4 En qualsevol cas:
  - a) el gruix mínim del recobriment de morter respecte a la vora exterior, no pot ser inferior a 15 mm, segons la figura 3.1;
  - b) el recobriment de morter, per damunt i per sota de l'armadura de juntura de filada, no pot ser inferior a 2 mm, com s'indica a la figura 3.1, fins i tot per als morters de juntura prima;
  - c) l'armadura s'ha de disposar de manera que es garanteixi la constància del recobriment.

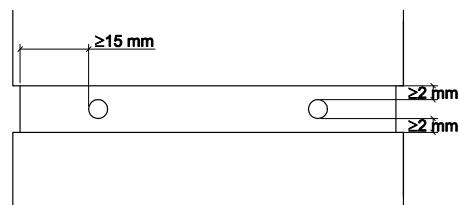


Figura 3.1 Recobriments de les armadures de juntura de filada.

- 5 Els extrems tallats de tota barra que constitueixi una armadura, excepte les d'acer inoxidable, han de tenir el recobriment que correspongui en cada cas o la protecció equivalent.
- 6 En el cas de cambres rebliades o aparells diferents dels habituals, el recobriment no pot ser inferior a 20 mm ni al seu diàmetre.

## 4 Materials

### 4.1 Peces

- 1 Les peces per a fàbriques es designen per les seves mesures modulars (mesura nominal més l'ample habitual de la junta). L'ús de morters de junta prima, o d'ample inusual, modifica la relació entre les mesures nominal i modular.
- 2 Les peces per a la realització de fàbriques es classifiquen en els grups definits a la taula 4.1.

Taula 4.1 Grups de peces

Característica	Massissa	Perforada		Grup Alleugerida		Buida	
		ceràmica	formigó	ceràmica	formigó	ceràmica	formigó
Volum de buits (% del n brut) (1)	≤ 25	≤ 45	≤ 50	≤ 55	≤ 60 <sup>(2)</sup>	≤ 70	
Volum de cada buit (% del brut)	≤ 12,5	≤ 12,5	≤ 25	≤ 12,5	≤ 25	≤ 12,5	≤ 25
Gruix combinat (% de l'ample total) <sup>(3)</sup>	≥ 37,5	≥ 30		≥ 20			

(1) Els buits poden ser buits verticals que travessen les peces, rebaixos o nanses.  
(2) El límit del 55% per a les peces de ceràmica i del 60% per a les de formigó, es pot augmentar si es disposa d'assajos que confirmen que la seguretat de les fàbriques no es redueix de manera important.  
(3) El gruix combinat és la suma dels gruixos de les parets i envanets d'una peça, mesurats perpendicularment a la cara del mur.

- 3 La disposició de buits ha de ser tal, que eviti riscos d'aparició de fissures en envanets i parets de la peça durant la fabricació, maneig o col·locació.
- 4 La resistència normalitzada a compressió mínima de les peces ha de ser de 5 N/mm<sup>2</sup>.

### 4.2 Morters

- 1 Els morters per a fàbriques poden ser ordinaris, de junta prima o lleugers. El morter de junta prima es pot emprar quan les peces rectifiquin o modelin i permetin construir el mur amb juntes de filada d'un gruix entre 1 i 3 mm.
- 2 Els morters ordinaris es poden especificar per:
  - a) Resistència: es designen amb la lletra M seguida de la resistència a compressió en N/mm<sup>2</sup>.
  - b) Dosificació en volum: es designen segons la proporció, en volum, dels components fonamentals (per exemple 1:1:5 ciment, calç i sorra). L'elaboració ha d'incloure les addicions, additius i quantitat d'aigua, amb què se suposa que s'obté el valor de  $f_m$  suposat.
- 3 El morter ordinari per a fàbriques convencionals no pot ser inferior a M1. El morter ordinari per a fàbrica armada o pretesada, els morters de junta prima i els morters lleugers, no poden ser inferiors a M5. En qualsevol cas, per evitar trencaments fràgils dels murs, la resistència a la compressió del morter no ha de ser superior al 0,75 de la resistència normalitzada de les peces.



### 4.3 Formigó

- 1 El formigó utilitzat per al rebliment de buits de la fàbrica armada es caracteritza, als efectes de càlcul, pels valors de  $f_{ck}$  (resistència característica a la compressió) i de  $f_{cvk}$  (resistència característica al tall) associat a l'anterior per a l'aplicació d'aquest DB, de la taula 4.2.

**Taula 4.2 Resistència del formigó**

Resistència característica a la compressió $f_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	20	25
Resistència característica al tall $f_{cvk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	0,39	0,45

- 2 La mida màxima de l'àrid no pot ser superior a 10 mm quan el formigó ompli buits d'una dimensió no inferior a 50 mm, o quan el recobriment de les armadures estigui entre 15 i 25 mm. No ha de ser més gran de 20 mm quan el formigó ompli buits d'una dimensió no inferior a 100 mm o quan el recobriment de l'armadura no sigui inferior a 25 mm.

### 4.4 Armadures

- 1 A més dels acers establerts a EHE, es consideren acceptables els acers inoxidable segons UNE ENV 10080:1996, UNE EN 10088 i UNE EN 845-3:2001, i per pretesar els d'EN 10138.
- 2 El galvanitzat, o qualsevol tipus de protecció equivalent, ha de ser compatible amb les característiques de l'acer a protegir, i no les ha d'afectar desfavorablement.
- 3 Com a valor mitjà del mòdul d'elasticitat de l'acer, es pot adoptar el de 200 kN/mm<sup>2</sup>.
- 4 La resistència característica d'ancoratge per adherència de les armadures es pot obtenir de la taula 4.3. Armadures confinades són les incloses en seccions de formigó de dimensions no inferiors a 150 mm, o quan el formigó estigui confinat entre peces. Les poc confinades són les incloses en morter, o en seccions de formigó amb dimensions inferiors a 150 mm, o quan el formigó no estigui confinat entre peces. Els valors indicats valen per a formigons de més resistència.

**Taula 4.3 Resistència característica d'ancoratge d'armadures (N/mm<sup>2</sup>)**

Tipus de confinament	Poc confinada			Confinada	
	M5-M9	M10-M14	sM15-M19	M20	HA25
Morter	—	—	—	—	—
Formigó	—	—	—	HA25	HA25
barres llises d'acer	0,7	1,2	1,4	1,5	1,8
barres corrugades d'acer al carboni o inoxidable	1	1,5	2	2,5	4,1

- 5 Per a armadures prefabricades, com les armadures de juntura de filada, en absència de dades específics, com a resistència característica d'ancoratge es pot considerar la resistència característica d'ancoratge de les barres longitudinals.

### 4.5 Components auxiliars

- 1 Les barreres antihumitat han de ser eficaces respecte al pas de l'aigua i al seu ascens capil·lar. Han de tenir una durabilitat d'acord amb el tipus d'edifici. Han d'estar formades per materials que no siguin fàcilment perforables en utilitzar-les, i han de ser capaces de resistir les tensions de càlcul de compressió sense extrudir-se.
- 2 Les barreres antihumitat han de tenir prou resistència superficial de fricció per evitar el moviment de la fàbrica que descansa sobre aquestes.

## 4.6 Fàbriques

### 4.6.1 Categoria de l'execució

- 1 Als efectes de càlcul es consideren tres categories d'execució: A, B i C, d'acord amb el que s'estableix a l'apartat 8.2.1 i a l'annex de control d'aquest DB. En els elements de fàbrica armada s'ha d'especificar només classes A o B. En els elements de fàbrica pretesada s'ha d'especificar classe A.

### 4.6.2 Resistència a la compressió

- 1 Es defineix resistència característica a la compressió de la fàbrica,  $f_k$ , la que es pot determinar mitjançant assajos sobre provetes de fàbrica segons els criteris que s'indiquen a l'annex C. Com que es tracta d'un material que no és isotrop, la resistència es refereix a la direcció en què actua l'esforç.
- 2 La resistència característica a la compressió de la fàbrica,  $f_k$ , corresponent a un esforç normal a les juntures de filada, es pot prendre per referència als valors de la taula 4.4, que recull els casos més usuals, o en general, deduir-la de les expressions de l'annex C.

**Taula 4.4 Resistència característica a la compressió de fàbriques usuals  $f_k$  (N/mm<sup>2</sup>)**

Resistència normalitzada de les peces, $f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	10		15		20		25
Resistència del morter, $f_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	5	7,5	7,5	10	10	15	15
Maó massís amb juntura prima	5	5	7	7	9	10	11
Maó massís	4	4	6	6	8	8	10
Maó perforat	4	4	5	6	7	8	9
Blocs alleugerits	3	4	5	5	6	7	8
Blocs buits	2	3	4	4	5	6	6

- 3 Quan la sol·licitació sigui paral·lela a les juntures de filada, la resistència característica a la compressió es pot determinar amb l'annex C, adoptant com a resistència normalitzada a la compressió  $f_b$  de la peça la corresponent a la direcció esmentada.

### 4.6.3 Resistència al tallant

- 1 Com a resistència característica al tallant,  $f_{vk}$ , d'una fàbrica amb morter ordinari i juntures plenes es pot prendre:

$$\text{morter ordinari i juntures plenes} \quad f_{vk} = f_{vko} + 0,36 \cdot \sigma_k \leq 0,065 f_b \quad (4.1)$$

$$\text{morter ordinari i juntures verticals en sec} \quad f_{vk} = f_{vko} + 0,45 \cdot \sigma_k \leq 0,045 f_b \quad (4.2)$$

$$\text{morter ordinari i juntura de filada buida} \quad f_{vk} = f_{vko} g/t + 0,36 \cdot \sigma_{kd} \leq 0,050 f_b \quad (4.3)$$

sense superar el valor límit de la taula 4.5, on:

$f_{vko}$  és la resistència a tall pur, amb una tensió de compressió nul·la, que es pot determinar de la taula 4.5 per a morters ordinaris;

$\sigma_k$  si hi ha compressió, la tensió característica normal mitjana perpendicular a la taula, a causa de la compressió deguda a les càrregues permanents sobre el nivell considerat;

$f_b$  és la resistència normalitzada a la compressió de les peces de fàbrica, amb l'esforç actuant perpendicular a la taula;

$g/t$  en una fàbrica de juntures de filada buides, la relació d'amplada total de les dues bandes de morter, cadascuna d'una amplada no inferior a 30 mm, en les vores exteriors de la peça, massissa, a amplada total de mur (vegeu la figura 6.4).

- 2 El càlcul de  $f_{vk}$ , a les fàbriques de morter de juntura prima, amb peces de formigó cel·lular d'auto-clau, silicocalcàries o de formigó, s'assimila al de peces del mateix grup i morters de M10 a M20.

## Document bàsic SE-F Fàbrica

- 2 El càlcul de  $f_{vk}$ , en fàbriques de morter lleuger, s'ha de realitzar segons el primer punt d'aquest apartat, adoptant com a morter el M5.
- 3 La resistència a tallant pur de la fàbrica  $f_{vko}$ , quan contingui barreres antihumitat, s'ha de determinar amb el mateix criteri utilitzat per a les fàbriques de juntura de filada buida.

Taula 4.5 Resistència característica al tallant per a fàbriques de morter ordinari

Tipus de peces	Mortor	$f_{vko}$ (N/mm <sup>2</sup> )			Límit de $f_{vk}$ (N/mm <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>		
		M1	M2,5	M10	M1	M2,5	M10
massisses	Maó ceràmic	0,1	0,2	0,3	1,2	1,5	1,7
	Pedra natural	0,1	0,15	-	1,0	1,0	-
	Altres	0,1	0,15	0,2	1,2	1,5	1,7
perforades	Maó ceràmic	0,1	0,2	0,3	1,4*	1,2*	1,0*
	Altres	0,1	0,15	0,2	1,4*	1,2*	1,0*
alleugerides		0,1	0,15	0,2	1,4*	1,2*	1,0*
buides		0,1	0,2	0,3	**	**	**

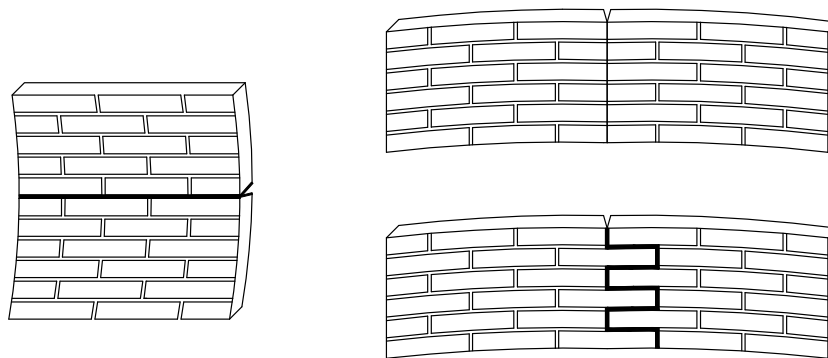
\* La menor de les resistències longitudinals a compressió.

\*\* Sense més limitacions que les donades per l'equació 4.1.

<sup>(1)</sup> Per a junteres verticals en sec, o amb juntura de filada buida, el valor és el 70% del consignat.

## 4.6.4 Resistència a la flexió

- 1 En funció del pla de trencament, es poden considerar dues resistències característiques a la flexió (figura 4.1):
  - a)  $f_{xk1}$ , si el pla de trencament és paral·lel a les junteres de filada.
  - b)  $f_{xk2}$ , si el pla de trencament és perpendicular a les junteres de filada.



a) Pla de trencament paral·lel a les junteres de filada. b) Pla de trencament perpendicular a les junteres de filada.

Figura 4.1 Formes de flexió en fàbriques.

- 2 Com a resistència característica a la flexió de la fàbrica es poden prendre les de la taula 4.6:

## Document bàsic SE-F Fàbrica

Taula 4.6 Resistència a la flexió de la fàbrica (N/mm<sup>2</sup>)

Tipus de peça	Morters ordinaris		Morters de juntura prima		Morters lleugers			
	$f_m < 5 \text{ N/mm}^2$		$f_m \geq 5 \text{ N/mm}^2$					
	$f_{xk1}$	$f_{xk2}$	$f_{xk1}$	$f_{xk2}$	$f_{xk1}$	$f_{xk2}$		
Ceràmica	0,10	0,20	0,10	0,40	0,15	0,15	0,10	0,10
Silicocalcaris	0,05	0,20	0,10	0,40	0,20	0,30	-	-
Formigó ordinari	0,05	0,20	0,10	0,40	0,20	0,30	-	-
Formigó cel·lular d'autoclaui	0,05	0,40	0,10	0,40	0,15	0,20	0,10	0,15
Pedra artificial	0,05	0,40	0,10	0,40	-	-	-	-
Pedra natural	0,05	0,20	0,10	0,40	0,15	0,15	-	-

- En cas que s'adoptin disposicions especials sobre la treballabilitat del morter i la seva penetració en els buits de les peces es pot adoptar com a resistència a la flexotracció la de  $0,1 f_k$ .
- La resistència a la flexió per junteres de filada només s'ha d'utilitzar amb combinacions de càrrega que incloguin accions variables normals a la superfície de la fàbrica (per exemple: vent). Aquesta resistència no s'ha de considerar quan el trencament de la fàbrica per flexió origini el col·lapse o la pèrdua d'estabilitat de l'edifici o alguna de les seves parts, o en cas d'acció sísmica.

## 4.6.5 Deformabilitat

- El diagrama tensió-deformació de la fàbrica té la forma genèrica que es representa a la figura 4.2-a. Com a diagrames de càlcul es poden adoptar els de les figures 4.2-b o 4.2-c. Les fàbriques amb peces o buides poden presentar trencament fràgil abans de desenvolupar una branca horitzontal i per tant no es pot usar l'esmentada part del diagrama 4.2-b ni el 4.2-c

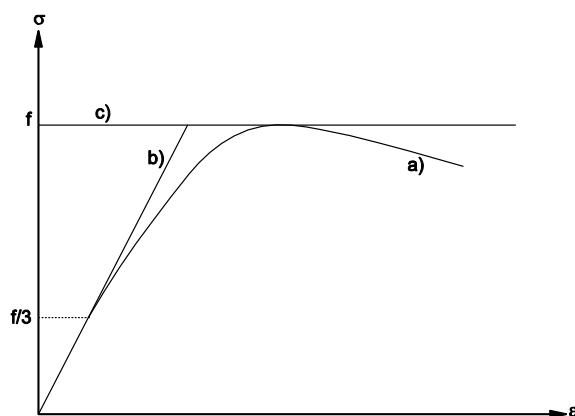


Figura 4.2. Diagrames de tensió a deformació o de les fàbriques

- Com a mòdul d'elasticitat secant instantani,  $E$ , d'una fàbrica es pot prendre igual a  $1000 f_k$ . Per a càlculs d'estats límits de servei, es pot multiplicar el valor  $E$  pel factor 0,6. Per determinar deformacions diferides, el mòdul a utilitzar pot ser deduït del mòdul d'elasticitat per a deformacions instantànies multiplicat pel coeficient de fluència que es dedueix de la taula 4.7.
- Com a mòdul d'elasticitat transversal,  $G$ , es pot prendre el 40% del mòdul d'elasticitat  $E$ .
- Com a paràmetres de deformació reològica i tèrmica de les fàbriques es poden emprar els valors de càlcul que figuren a la taula 4.7.

## Document bàsic SE-F Fàbrica

Taula 4.7 Deformabilitat de les fàbriques

Tipus de peça	Coefficient final de fluència, $\phi_{\infty}$ <sup>(1)</sup>	Retracció o expansió final per humitat <sup>(2)</sup> (mm/m)	Coefficient de dilatació tèrmica ( $10^{-6}$ m/m °C)
Ceràmica	1	0,2 a 1,0 <sup>(3)</sup>	6
Silicocalcaris	1,5	-0,2	9
Formigó ordinari i pedra artificial	1,5	-0,2	10
Formigó d'àrid lleuger	2	-0,4 <sup>(4)</sup>	10
Formigó cel·lular d'autoclau	1,5	0,2	8
Pedra natural	1	0,1	7

<sup>(1)</sup> Eскурçament negatiu i allargament positiu

<sup>(2)</sup> Depèn del material

<sup>(3)</sup> Per a àrids lleugers de pedra tosca i d'argila expandida; en un altre cas el valor és -0,2

## 4.6.6 Secció de càlcul

- 1 En el gruix de càlcul del mur es poden incloure els revestiments que tinguin caràcter permanent i es defineixin com a tals en el projecte i en el pla de manteniment.
- 2 En una fàbrica amb peces massisses o perforades, les regates que respecten les limitacions de la taula 4.8 no redueixen el gruix de càlcul, als efectes de l'avaluació de la seva capacitat. En murs de maó a la caputxina, s'han de sumar les intervencions efectuades en cadascuna dels dos fulls.
- 3 Si una regata o rebaix no causa una pèrdua superior al 25% de la secció transversal real, es pot considerar que la capacitat resistent és proporcional a aquesta pèrdua.
- 4 En un altre cas, com a gruix de càlcul s'ha d'usar el gruix residual, descomptant el de la regata o rebaix, i en tot cas el dels enfondiments de juntura vertical si n'hi ha.

Taula 4.8 Dimensions de regates i rebaixos (mm) que no redueixen el gruix de càlcul

Gruix del mur (mm)	Ample de regates verticals <sup>(1)</sup>	Profunditat de regates horitzontals o inclinades	
		longitud >1250 mm	longitud < 1250 mm
115	100	0	0
116-175	125	0	15
176-225	150	10	20
226-300	175	15	25
Més de 300	200	20	30

<sup>(1)</sup> La profunditat d'una regata o rebaix, inclou la de qualsevol perforació que s'assoleixi, és de 30 mm.

Comentaris a la taula

La profunditat màxima d'una regata vertical no ha de ser superior a 30 mm.

La limitació de la profunditat de regates horitzontals es refereix a les disposades dins del vuitè de l'altura lliure del mur, per damunt i per sota del forjat.

Les regates verticals que no es prolonguin sobre el nivell del pis més que un terç de l'altura de planta poden tenir una profunditat de fins a 80 mm i d'una amplada de fins a 120 mm, si el gruix del mur és de 225 mm o més.

La separació horitzontal entre regates adjacents o entre una regata i un rebaix o un buit no ha de ser inferior a 225 mm.

La separació horitzontal entre dues regates adjacents, quan estan a la mateixa cara o en cares oposades del mur, o entre un rebaix i un buit, no ha de ser inferior a dues vegades l'amplada del rebaix més gran.

La suma de les amplades de les regates i rebaixos verticals no ha de ser superior a 0,13 vegades la longitud del mur.

La separació horitzontal entre l'extrem d'una regata i un buit no ha de ser inferior a 500 mm.

La separació horitzontal entre regates adjacents de longitud limitada, ja estiguin a la mateixa cara o en cares oposades del mur, no ha de ser inferior a dues vegades la longitud de la regata més llarga.

Si les regates horitzontals o inclinades es realitzen amb precisió usant una màquina adequada:

a) Es pot augmentar la profunditat admissible en 10 mm, en murs d'un gruix superior a 115 mm.

b) Es poden realitzar regates, de no més de 10 mm de profunditat, en les dues cares, si el mur és d'un gruix no inferior a 225 mm.

L'amplada de la regata horitzontal no ha de superar la meitat del gruix residual del mur.

En peces buides, podria produir una pèrdua de secció resistent i/o d'augment de l'excentricitat amb què s'apliquen les càrregues molt superior a la previsible en el cas de peces massisses (a quan es treballa sota el concepte de "secció bruta").

- 5 En fàbriques amb peces alleugerides o buides, s'ha de considerar la secció real que quedi després de la part eliminada per les regates (figura 4.3) i assignar a cada element de la seva superfície la resistència deduïda de la secció real.

## Document bàsic SE-F Fàbrica

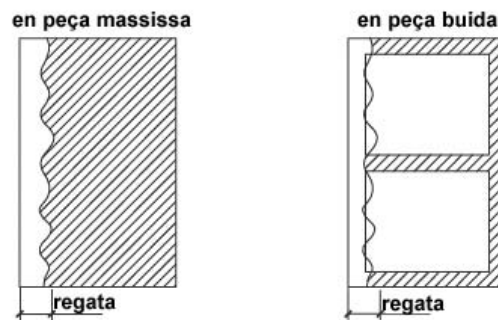


Figura 4.3 Pèrdua de secció per causa d'una regata.

## 4.6.7 Resistència de càlcul

- 1 D'acord amb SE, la resistència de càlcul és igual a la característica dividida pel coeficient parcial de seguretat,  $\gamma_M$ , aplicable al cas, segons la taula 4.8.

Taula 4.8 Coeficients parcials de seguretat ( $\gamma_M$ )

Situacions persistents i transitòries <sup>(1)</sup>			Categoria de l'execució		
			A	B	C
Resistència de la fàbrica	Categoria del control de fabricació <sup>(2)</sup>	I	1,7	2,2	2,7
		II	2,0	2,5	3,0
Resistència de falques i ancoratges			2,5	2,5	2,5
Ancoratge de l'acer d'armar			1,7	2,2	
Acero (armadura activa i armadura passiva)			1,15	1,15	

<sup>(1)</sup> Per a les comprovacions en situació extraordinària, els coeficients de falques i ancoratges són els mateixos; de les fàbriques els coeficients són 1,2 1,5 i 1,8 respectivament per a les categories A, B i C.

<sup>(2)</sup> Categories segons 8.1.1.

- 2 Per al formigó de rebliment s'ha d'utilitzar com a valor de  $\gamma_c$  el que coincideixi amb el valor  $\gamma_M$  corresponent a les peces de la fàbrica situades on s'utilitza el rebliment esmentat i definit a la taula 4.8.

## 5 Comportament estructural

### 5.1 Generalitats

- 1 Es poden analitzar independentment parts o elements aïllats de l'estructura, si se'n considera la disposició espacial i la interacció amb la resta.
- 2 El comportament suposat per a les unions, connexions i interaccions en el model d'anàlisi s'ha d'ajustar al comportament real.
- 3 L'estructura de murs s'ha de dissenyar perquè pugui resistir esforços laterals, d'acord amb càlculs d'estabilitat global.

### 5.2 Murs sotmesos predominantment a càrrega vertical

#### 5.2.1 Anàlisi de sol·licitacions

- 1 La determinació d'esforços s'ha de realitzar d'acord amb els mètodes generals d'anàlisi estructural, utilitzant models plans o espacials.
- 2 En la majoria dels casos, per a l'anàlisi a càrrega vertical, n'hi ha prou de plantejar una estructura constituïda per elements de profunditat unitat, en la qual els murs i els forjats se substitueixen per barres amb les seves mateixes característiques geomètriques i de deformació, formant pòrtics que idealitzen l'estructura per al seu càlcul utilitzant models plans.
- 3 En general, es poden modelar les estructures de murs de càrrega i forjats com pòrtics rígids per aplicar-hi un càlcul elàstic. De manera simplificada, es pot realitzar una anàlisi nus a nus (hipòtesi elàstica i amb la fàbrica no fissurada), en què, repartint el desequilibri de moments d'encastament, d'acord amb la rigidesa relativa de cada element, la suma dels moments en els trams superior i inferior d'un nus de pis intermedi (figura 5.1) resulta:

$$M = (M_{emp,i} - M_{emp,j}) \cdot K / K_T \quad (5.1)$$

on:

$M_{emp,i}$   $M_{emp,j}$  moments d'encastament perfecte del forjat a un costat i a l'altre, un amb la càrrega total i l'altre amb només la permanent, el que sigui pitjor

$K$  suma de les rigideses dels trams de murs en qüestió, cadascun igual a  $4EI/h$

on:  $E$  mòdul d'elasticitat del mur

$I$  moment d'inèrcia del mur; el del full portant si hi ha un altre que no ho és.

$h$  altura lliure del pany

$K_T$  la suma de rigideses de les peces que concorren en el nus analitzat; per a les de forjat es pren  $nEI/L$

on:  $n$  3 si el nus oposat és de façana, 4 si és interior, 0 si és un vol

$EI$  rigidesa del forjat

$L$  llum lliure del forjat

- 4 Com que la unió entre el mur i el forjat no és perfectament rígida, si la tensió vertical de càlcul mitjana en el gruix total del mur és inferior a  $0,25 \text{ N/mm}^2$ , els moments obtinguts amb (5.1) es poden reduir per un coeficient  $C$  (incrementant, en conseqüència, els moments d'obertura dels forjats), de valor:

$$C = (1 - k/4) > 0,50 \quad (5.2)$$

on:

$k$  relació de suma de la rigidesa a flexió dels forjats a la dels murs

## Document bàsic SE-F Fàbrica

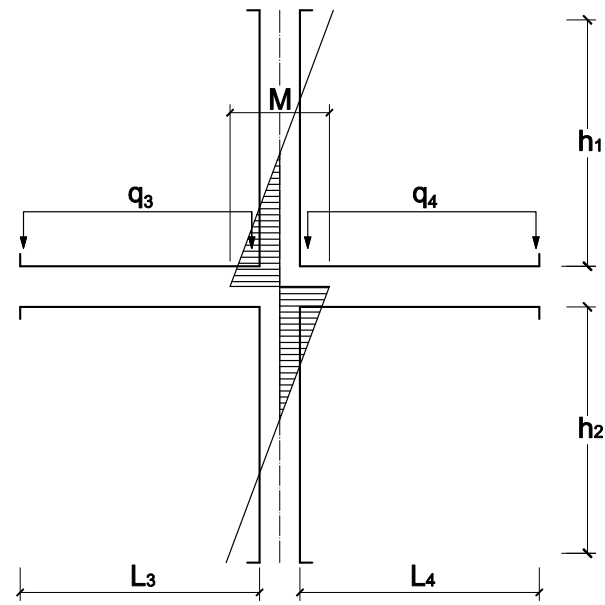


Figura 5.1 Anàlisi simplificada d'un nus.

- 5 Per assignar el moment a cada pany, és vàlid qualsevol repartiment que conservi l'equilibri (vegeu les figures 5.2 i 5.3)

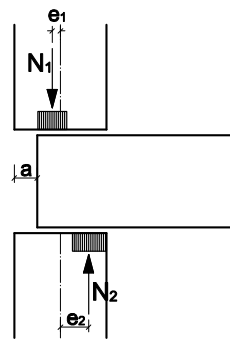


Figura 5.2 Equilibri de nusos intermedis.

- 6 En els nusos superiors es pot suposar que la càrrega dels forjats entronqui amb els murs amb una excentricitat (vegeu la figura 5.3), igual a:

a) en el cas de murs extrems  $e = 0,25 \cdot t + 0,25 \cdot a$  (5.3)

b) en el cas de murs interiors  $e = 0,25 \cdot t \cdot (N_i - N_j) / (N_i + N_j)$  (5.4)

on:

- t gruix del mur en què s'entronquen forjats pels dos costats, descomptant els enfondiments en les vores si n'hi ha  
a profunditat amb què es recula l'entrebegat del forjat respecte a la cara exterior  
 $N_i, N_j$  càrrega que entronca per cada costat



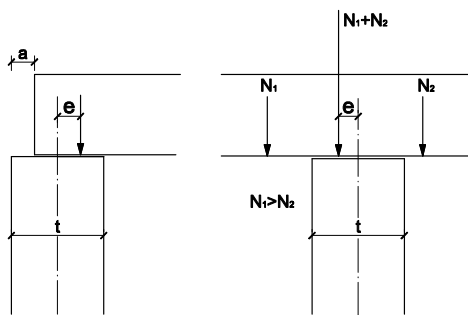


Figura 5.3 Excentricitat de suport al cap de mur superior

- 7 Als efectes del càlcul, l'arrencada inferior del mur en la solera, forjat sanitari o rasa, es pot considerar un encastament perfecte.
- 8 Si l'excentricitat obtinguda a partir dels moments de punts anteriors és superior a 0,4 del gruix, o la tensió vertical de càlcul mitjana és inferior a  $0,25 \text{ N/mm}^2$  (se sol presentar en els nusos superiors), la reacció dels murs es pot obtenir *directament per capacitat* com la que correspon a l'amplitud del bloc comprimit que equilibra l'esforç normal de càlcul mitjançant una tensió no superior a la resistència de càlcul del material (vegeu la figura 5.4). Aquest procediment de garantir la capacitat portant no permet descartar que els girs produïts provoquin fissures a la banda oposada a la d'aplicació de la càrrega. En cas que, sense acudir a aquest recurs, no es verifiqui (5.1), es podrien reconsiderar els detalls constructius, en particular variant l'agafada del forjat o, el que sol ser més eficaç, augmentant-ne el cantell.

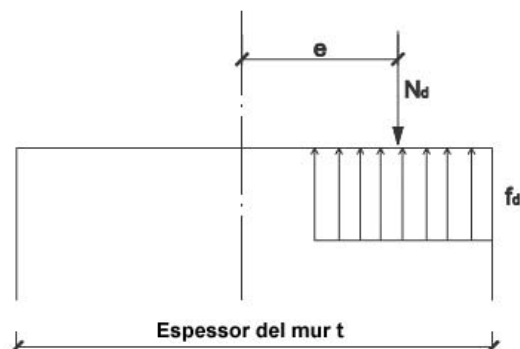


Figura 5.4 Excentricitat de l'esforç normal de càlcul.

- 9 Les condicions de vinculació dels nusos del model utilitzat per a l'anàlisi s'han de correspondre amb la possibilitat de moviments que es derivin del detall constructiu. En el model d'anàlisi s'han de considerar tots els elements que puguin suposar una alteració del comportament estructural, especialment els que impedeixin la deformació suposada dels forjats (tancaments, parets de trava o envans ataconats superiorment).
- 10 Tot mur de càrrega ha de tenir un gruix d'almenys 115 mm.

### 5.2.2 Capacitat portant

- 1 En tot pany d'un mur de fàbrica, la compressió vertical de càlcul,  $N_{sd}$ , ha de ser menor o igual a la seva resistència vertical de càlcul,  $N_{Rd}$ , és a dir:

$$N_{sd} \leq N_{Rd} \quad (5.5)$$

- 2 En murs d'un full (o de dos fulls units rígidament), la capacitat resistent vertical de càlcul a compressió vertical,  $N_{Rd}$ , per unitat de longitud, val:

$$N_{Rd} = \Phi \cdot t \cdot f_d \quad (5.6)$$

on:

## Document bàsic SE-F Fàbrica

- $\Phi$  factor de reducció del gruix del mur per efecte de l'esveltesa i/o de l'excentricitat de la càrrega que es calcula segons l'apartat 5.2.3.
- t gruix del mur
- $f_d$  resistència de càlcul a compressió de la fàbrica. Quan l'àrea A, en m<sup>2</sup>, de la secció horitzontal d'un mur sigui menor que 0,1m<sup>2</sup>, s'ha de reduir pel factor 0,7+3·A.
- 2 En murs de maó a la caputxina s'ha de comprovar cada full per separat.

**5.2.3 Factor de reducció  $\Phi$** 

- 1 Al cap i a la base de mur (figura 5.4), el factor de reducció,  $\Phi$ , val:

$$\text{al cap} \quad \Phi = 1 - 2 \frac{e}{t} \quad (5.7)$$

$$\text{a la base} \quad \Phi = 1 - 2 \frac{e}{t} - 2 \frac{a}{t} \quad (5.8)$$

on:

- a profunditat amb què es recula l'entrebigat del forjat respecte a la cara exterior del mur (figures 5.2 i 5.3).
- e excentricitat total de la secció que es comprova. Llevat que s'hagi obtingut per capacitat, segons l'apartat 5.2.2, s'ha de considerar:

$$e = M_{SD}/N_{SD} + e_a > 0,05 \cdot t \quad (5.9)$$

on:

- $M_{SD}$  moment flector de càlcul de la secció que es comprova, deduït del model estructural adoptat, a causa de la càrrega vertical, més, si s'escau, el degut a les accions laterals locals, segons 5.5.
- $N_{SD}$  esforç normal de càlcul en la secció que es comprova, deduït del model estructural, en general considerant les plantes superiors sense sobrecàrrega.
- $e_a$  increment d'excentricitat per execució. Si la categoria d'execució és la B,  $e_a = h_d/450$ . Si la categoria d'execució és la A,  $e_a = h_d/500$ . Si la categoria és la C, s'ha d'adoptar el valor  $e_a = 20$  mm, si es tracta d'un tram entre forjats i  $e_a = 50$  mm, si correspon a un tram lliure a l'extrem superior o la seva altura és la total de l'edifici. En les expressions anteriors,  $h_d$  és l'altura de càlcul del mur, segons l'apartat 5.2.4.

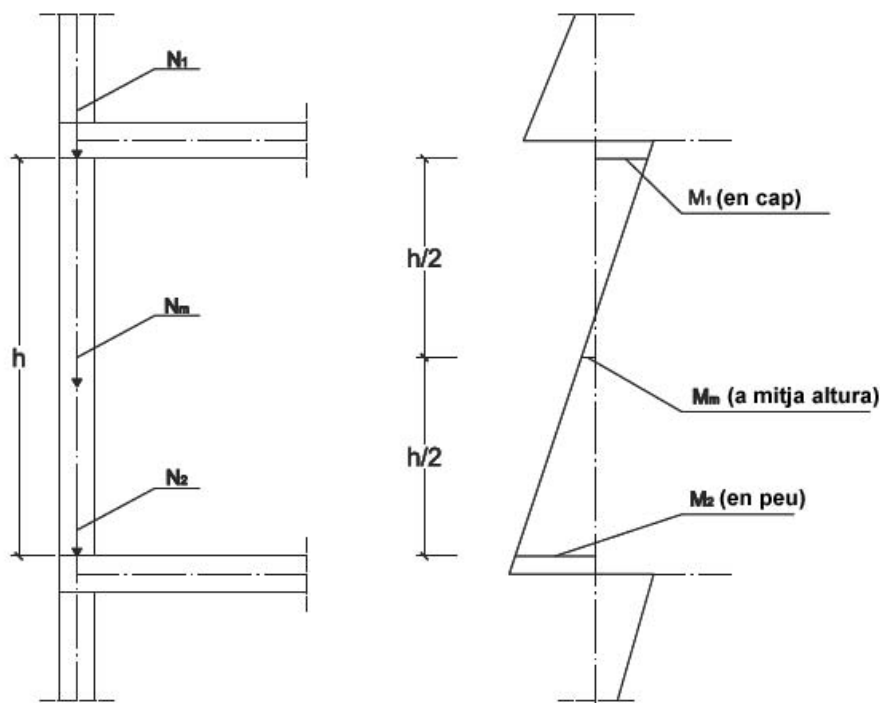


Figura 5.5. Normals i moments flectors en un mur.

- 2 En panys entre trams successius de forjats, a mitja altura (figura 5.5), el factor de reducció  $\Phi$  es determina, de forma simplificada, a partir de l'equació (5.10). La formulació completa per a la determinació de  $\Phi$  a mitja altura es troba a l'annex D.

$$\Phi = 1 - 2 \frac{e_m}{t} \quad (5.10)$$

on:

$$e_m = e + e_p \quad (5.11)$$

on:

$e$  excentricitat deguda a les sol·licitacions en aquest punt, segons (5.9),

$e_p$  excentricitat deguda a vinclament, de valor

$$e_p = 0,00035 \cdot t \cdot (h_d / t_d)^2 \quad (5.12)$$

- 3 L'excentricitat per fluència es pot considerar nul·la per a murs executats amb peces ceràmiques o de pedra natural, i en murs executats amb un altre tipus de peces amb una esveltesa menor o igual a 15. Per tenir en compte la fluència, el valor  $e_p$  s'ha d'incrementar en:

$$\Delta e_p = 0,002 \cdot \varphi_\infty \cdot \frac{h_d}{t_d} \cdot \sqrt{t e_m} \quad (5.13)$$

on:

$h_d$  altura de càlcul, segons l'apartat 5.2.4

$t_d$  gruix de càlcul del mur, segons 5.2.5

### 5.2.5 Altura de càlcul d'un mur

- 1 Un mur es considera travat per un altre en una vora vertical si:
- No és previsible que es produeixin fissures entre tots dos, com quan tots dos s'executen simultàniament amb materials de deformabilitat anàloga, estan anàlogament carregats, s'enllacen, i no són previsibles moviments diferencials entre aquests, per retracció, càrregues, etc.

## Document bàsic SE-F Fàbrica

- b) La unió entre el mur travat i el travant (mitjançant elements de travada, falques o altres mitjans) es projecta per resistir els esforços tallants, les traccions i/o les compressions previsibles.
- 2 Un mur es considera travant d'una vora vertical d'un altre quan:
- té una longitud no inferior a 1/5 de l'altura lliure del travat, i
  - té un gruix no inferior a 0,3 del gruix eficaç del mur travat, ni inferior a 85 mm, i
  - si té buits, la distància entre aquests no és inferior a 1/5 de l'altura mitjana dels buits (vegeu la figura 5.6) i quan es prolonga més enllà de cada buit una distància no inferior a 1/5 de l'altura lliure de la planta.

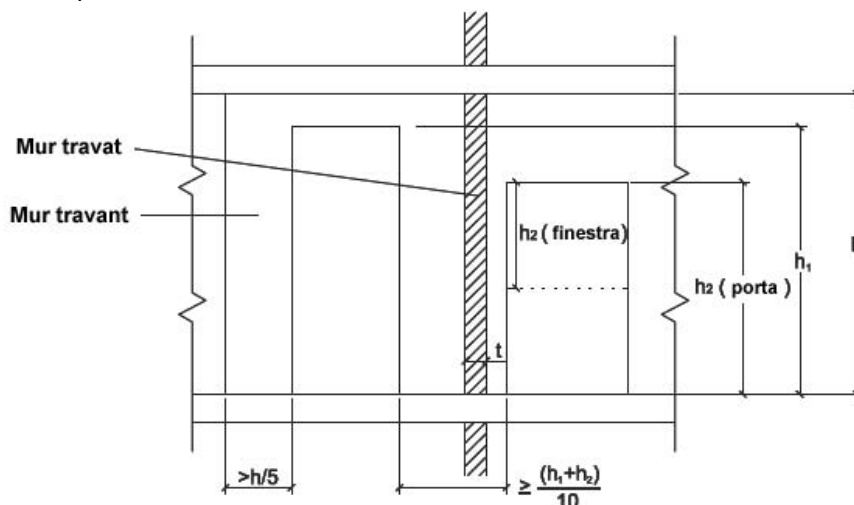


Figura 5.6 Longitud mínima d'un mur travat d'una vora d'un altre.

- 3 També es pot considerar que serveix per travar una vora qualsevol altre element que tingui una rigidesa equivalent a la d'un mur travant de fàbrica, segons el paràgraf anterior, i estigui enllaçat al mur travat mitjançant ancoratges o falques, projectats específicament per resistir els tallants i les traccions i compressions que siguin previsibles.
- 4 Es consideren vores lliures les de buits amb una altura lliure superior a 1/4 de l'altura de pis, o una amplada lliure superior a 1/4 de la longitud del mur, o una àrea més gran d'1/10 de la del mur.
- 5 L'altura de càlcul,  $h_d$ , d'un pany de mur d'altura  $h$ , longitud  $L$ , i gruix  $t$ , es pot determinar a partir del que estableix l'annex E. De manera simplificada és:
- Per a un mur travat només al cap i base (cas 1),  $h_d = h$ . Si es trava mitjançant forjats de formigó armat amb una agafada d'almenys  $2t/3$  i 85 mm, i l'excentricitat de la compressió al cap és inferior a  $0,25 t$  (cas 2) es pot prendre  $h_d = 0,75 \cdot h$ .
  - Un mur, de gruix  $t$ , travat en una sola vora vertical, amb  $L \geq 15 t$ , o en les dues vores verticals amb  $L \geq 30 t$ , s'ha de tractar com un mur travat només al cap i la base.
  - En els murs travats al cap i peu, i en una o dues vores verticals, el valor és el de la taula 5.1, funció del cas de les vores horitzontals.
  - Per a un mur lliure al cap  $h_d = 2 \cdot h$ . Si està travat en alguna vora vertical, el valor és el doble del que estableix la taula 5.1 segons correspon, per al cas 1.

Taula 5.1 Valors de  $h_d/h$  per a panys travats en almenys les dues vores horitzontals

	$h/L$	0	1	2	3	5
i una vora vertical	cas 1	1,00	0,90	0,70	0,50	0,30
	cas 2	0,75	0,75	0,70	0,60	0,50
i les dues vores verticals	cas 1	1,00	0,50	0,25	0,18	0,10
	cas 2	0,75	0,50	0,25	0,18	0,10

**5.2.5 Gruix de càlcul d'un mur**

- 1 El gruix de càlcul,  $t_d$ , d'un mur d'un full, doblegat, o de juntura de filada buida, és el real, o si és necessari descomptar regates o rebaixos, el residual.
- 2 Quan el gruix residual del mur sigui inferior a la meitat del seu gruix real, aquesta vora es considera lliure a l'efecte de determinar l'altura eficaç.
- 3 En un mur de maó a la caputxina amb els dos fulls enllaçats segons l'apartat 8.2, el gruix eficaç és :

$$t_d = \sqrt[3]{t_1^3 + k \cdot t_2^3} \quad (5.14)$$

on:

$t_1, t_2$  gruixos dels fulls, on  $t_1$  és el del full carregat, prenent  $t_2$  no més gran que  $t_1$ .

$k$  relació del mòdul d'elasticitat del full descarregat respecte al del carregat, però no més gran que 1,0

**5.2.6 Esveltesa d'un mur**

- 1 L'esveltesa geomètrica,  $\lambda$ , d'un mur és la relació:  $h_d/t_d$ . Aquesta relació no ha de ser superior a 27.

**5.2.7 Càrregues concentrades**

- 1 En tot mur que estigui sol·licitat per una càrrega concentrada (figura 5.7), la tensió de càlcul assolida sobre la superfície d'aplicació no ha de ser més gran que la resistència de càlcul del material en què es recolza.
- 2 En un mur realitzat amb maó massís, sempre que no sigui de junteres de filada buides, la resistència de càlcul a compressió de la superfície d'aplicació es pot incrementar per un factor  $\xi$ . El valor de  $\xi$  es pot prendre, de manera simplificada, de l'equació (5.15), o de la formulació indicada a l'annex F.

$$\xi = (1,1 + a/h) < 1,4 \quad (5.15)$$

on:

$a$  distància de la vora de l'àrea carregada a la vora vertical del mur més pròxim;

$h$  altura del pany fins al nivell en què s'aplica la càrrega.

- 3 L'excentricitat de la càrrega en el seu entroncament al mur no ha de ser superior a  $t/4$ .
- 4 A més s'ha de comprovar la compressió repartida en la longitud eficaç  $L_{ef}$  incloent-hi l'efecte de qualsevol altra càrrega vertical, particularment quan hi incideixen càrregues concentrades pròximes, que cavalquen les seves longituds eficaces, adoptant les mesures que siguin procedents per garantir l'equilibri.
- 5 La càrrega concentrada s'ha de recolzar sobre peces o un altre material massís en una longitud igual a la de l'àrea carregada incrementada en una longitud addicional, a efectes que les tensions, suposant que es reparteixen amb un angle de  $60^\circ$ , siguin suportables per al material que constitueix el mur.

## Document bàsic SE-F Fàbrica

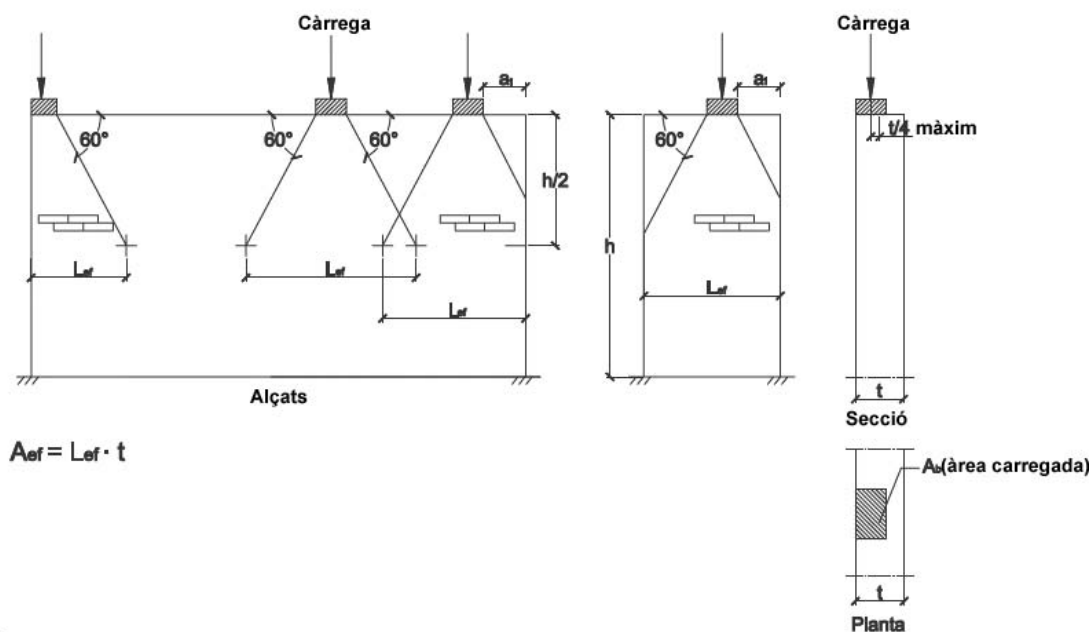


Figura 5.7 Murs amb càrregues concentrades.

## 5.2.8 Tensions degudes a coaccions i deformacions imposades

- 1 Es pot prescindir del càlcul dels efectes deguts a la retracció, fluència i variacions de temperatura en fàbriques sustentadores, quan es disposen juntures de dilatació d'acord amb les condicions indicades a l'apartat 2.2 d'aquest DB.
- 2 L'amplada de les juntures de dilatació ha de permetre el màxim moviment previsible de la fàbrica.
- 3 Es pot prescindir del càlcul dels efectes deguts als seients diferencials dels fonaments i a la deformació d'altres elements estructurals que serveixin de suport al mateix mur, quan la diferència de deformació vertical dels elements sustentadors no superi el valor d' $1/1000$  de la separació entre els elements esmentats.

## 5.3 Murs sotmesos a tallant

## 5.3.1 Anàlisi de sol·licitacions

- 1 La resistència de l'edifici enfront d'accions horitzontals de fàbrica sustentadora s'aconsegueix mitjançant els forjats, funcionant com a diafragmes rígids, i els murs disposats en la direcció de l'acció. Si hi ha buits als murs a tall s'ha de descomptar la longitud dels buits en la secció corresponent.
- 2 A cada pany de mur en la direcció de l'acció s'hi poden incorporar com a ales part del mur perpendicular que hi hagi en un o altre dels seus extrems, sempre que la unió sigui capaç de suportar els esforços rasants que corresponguin. La longitud d'aquestes ales, a un altre costat, no pot superar:
  - a)  $h_{tot}/5$ , en què  $h_{tot}$  és l'altura del mur a tall analitzat,
  - b) la meitat de la distància entre murs de tall enllaçats pel mur travat,
  - c) la distància a l'extrem del mur travat,
  - d) la meitat de l'altura de la planta,
  - e) 6 vegades el gruix del mur travat.

Document bàsic SE-F Fàbrica

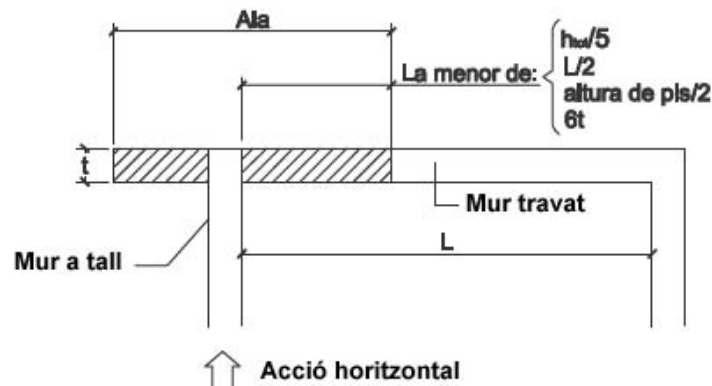


Figura 5.8 Amplada admissible per a les ales d'un mur transversal.

- 3 Per a la distribució de les accions horitzontals s'ha d'utilitzar la rigidesa elàstica dels murs de tall, incloses les ales. Per a murs d'una altura superior al doble de la seva longitud, es pot negligir l'efecte de la rigidesa a tallant.
- 4 Quan els forjats es puguin considerar rígids en el seu pla (per exemple, els que tenen una llosa superior de formigó en obra) queda del costat de la seguretat distribuir les accions horitzontals entre els murs a tall en proporció a la seva rigidesa, admetent que tots tenen el mateix desplaçament.
- 5 Quan la resultant de les accions horitzontals no passin pel metacentre, o centre de les rigideses dels murs a tall, perquè aquests estan disposats asimètricament a la planta, o per una altra raó, s'ha de considerar en els murs l'efecte de la rotació del sistema (efecte de torsió). A l'equilibri d'aquest efecte de rotació col·laboren eficaçment els murs transversals a la direcció en què actua l'acció horitzontal considerada.
- 6 L'esforç tallant horitzontal màxim en un mur, calculat per anàlisi elàstica lineal, es pot reduir un 15% (atenent una redistribució per fissuració limitada), sempre que s'incrementin els tallants corresponents als murs paral·lels immediats de tal manera que es mantingui l'equilibri enfront de les accions de càlcul aplicades.
- 7 El mur a tall, i en les ales unides eficaçment a aquest mitjançant traves o ancoratges, ha de considerar els efectes de les accions:
  - a) al mur, l'esforç normal per efecte de les càrregues verticals permanents, utilitzant el valor de càlcul amb el coeficient de seguretat que correspon a accions favorables, aplicat amb l'excentricitat deguda a la flexió que causen les accions horitzontals;
  - b) a les ales, l'esforç normal;
  - c) al mur, l'esforç tallant horitzontal ;
  - d) a la unió del mur amb cada ala, l'esforç tallant vertical (rasant) màxim.

### 5.3.2 Capacitat portant

- 1 L'esforç tallant de càlcul aplicat,  $V_{Sd}$ , ha de ser inferior o igual a l'esforç tallant resistent,  $V_{Rd}$ , és a dir:
 
$$V_{Sd} \leq V_{Rd} \quad (5.16)$$
- 2 S'ha de considerar la combinació de l'esforç normal i de l'esforç tallant més desfavorable de les següents:
  - a) Al mur, l'esforç normal, per efecte de les càrregues verticals, aplicat amb l'excentricitat deguda a la flexió que causen les accions horitzontals.
  - b) A cada ala, l'esforç normal.
  - c) Al mur, l'esforç tallant horitzontal.
  - d) A la unió del mur amb cada ala, l'esforç tallant vertical (rasant) màxim.
- 3 A l'efecte d'avaluar l'esforç normal que contribueix a la resistència a tallant:
  - a) Als murs que sustenten forjats bidireccionals, la càrrega dels forjats s'ha de repartir alíquotament entre els murs sustentadors.

- b) En el cas de forjats unidireccionals, dotats d'una llosa superior i d'un congreny de suport, es pot considerar una distribució a 45°, en alçat, de la càrrega del forjat sobre els murs no directament carregats.
- 3 La capacitat resistent de càlcul a esforç tallant val:

$$V_{Rd} = V_{Rd1} + V_{Rd2} \quad (5.17)$$

on

$$V_{Rd1} = f_{vd} \cdot t \cdot L_d \quad (5.18)$$

$$V_{Rd2} = 0,67 \cdot A_s \cdot f_{yd} \cdot L_d / s \quad (5.19)$$

on:

$f_{vd}$  resistència de càlcul a tallant de la fàbrica, considerant la tensió vertical corresponent, segons 4.5.3

$t$  gruix, si s'escau residual, del mur

$L_d$  longitud comprimida del mur deguda a les accions verticals, equilibrant les horitzontals, descomptant doncs la zona de tracció, suposant una distribució lineal de tensions

$s$  separació entre les armadures de juntura de filada.

En qualsevol cas, la capacitat resistent a tallant no pot ser superior a:

$$V_{Rd} \leq 2,0 \text{ N/mm}^2 \cdot t \cdot L_d \quad (5.20)$$

- 4 Com a resistència vertical a tall de la unió es pot prendre el valor de resistència a tallant pur (vegeu la taula 4.5)

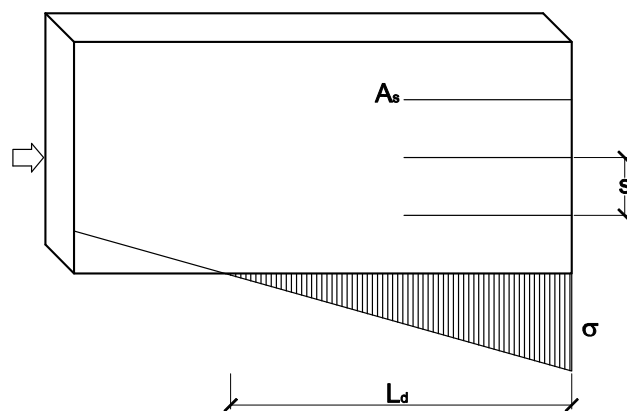


Figura 5.9 Avaluació a tallant de les armadures de juntura de filada.

## 5.4 Murs amb accions laterals locals

### 5.4.1 Generalitats

- El càlcul de murs sotmesos a accions laterals es pot basar en:
  - la seva resposta com a peça a flexió sustentada en una o diverses vores
  - la seva resposta com a arc estrebat entre les dues vores.
 Si en les dues direccions respon com a peça a flexió es diu que el comportament és de placa.
- En cas que el mur posseeixi alguna vora en què no es pugui garantir la mobilització de les reaccions necessàries per al seu equilibri (per exemple vores superiors no ataconades als forjats), es considera que aquesta vora no és competent com a sustentació de placa, o en aquesta direcció no es pot donar el comportament en arc.
- Per a la resposta com a peça a flexió, es pot aconseguir un encastament mitjançant falques, per trava de les peces o per límit contra els forjats quan és passant sobre aquests.



- 4 En un mur de maó a la caputxina es pot considerar que els dos fulls col·laboren en la resistència a les accions laterals, encara que només un d'aquestes estigui directament connectat als elements de sustentació.

#### 5.4.2 Anàlisi de sol·licitacions en flexió

- 1 És acceptable l'ús de qualsevol procediment que doni com a resultat un conjunt d'esforços en equilibri amb les accions considerades.
- 2 En general, es poden prendre com a sol·licitacions les procedents del mètode de les línies de trencament, a partir de la capacitat resistent en la direcció paral·lela a les juntures de filada,  $M_{Rd1}$ , i en la perpendicular,  $M_{Rd2}$ , d'acord amb els valors donats en 5.4.3.
- 3 En un pany rectangular, els valors dels moments màxims es poden prendre, per a una càrrega uniforme, com:

$$M_{Sdx1} = \alpha \cdot q_d \cdot h^2 \quad (5.21)$$

$$M_{Sdx2} = \mu \cdot \alpha \cdot q_d \cdot L^2 \quad (5.22)$$

on:

$q_d$  valor de càlcul de l'acció horitzontal per unitat de superfície

$\mu$  relació entre les capacitats resistents a flexió en direcció de les juntures de filada,  $M_{Rd1}$  i en la de les juntures verticals  $M_{Rd2}$ . Per a comportament en placa, es pot adoptar:

$$\mu = f_{xk1} / f_{xk2} \quad (5.23)$$

o com a valor aproximat:

$$\mu = f_{vk} / (0,1 \cdot f_k) \quad (5.24)$$

$f_{xk1}$ ,  $f_{xk2}$  resistència a flexió de la fàbrica, segons la taula 4.6

$\alpha \lambda$  coeficient de flexió. Aquest coeficient es pot determinar a partir de les taules de l'annex G o de la teoria de plaques en trencament.

#### 5.4.3 Comprovació de la capacitat resistent

- 1 En qualsevol direcció, el moment de càlcul aplicat,  $M_{Sd}$ , ha de ser inferior o igual al moment resistent,  $M_{Rd}$ , és a dir:

$$M_{Sd} \leq M_{Rd} \quad (5.25)$$

- 2 Com a valor de  $M_{Rd}$  es pot prendre:

com a peça a flexió, si no hi ha compressió:  $M_{Rd} = f_{xd} \cdot Z \quad (5.26)$

peça a flexió, si hi ha compressió:  $M_{Rd} = (f_{xd} + \sigma_d) \cdot Z \quad (5.27)$

com a arc:  $M_{Rd} = N_{ad} \cdot r / 2 \quad (5.28)$

on:

$Z$  mòdul resistent elàstic a flexió de la secció bruta, igual a  $t^2/6$ ; en un mur apilastrat, s'ha d'adoptar com a longitud de ressort no més del desè de l'altura, per als sustentats al cap i la base, i un cinquè per als lliures al cap.

$\sigma_d$  valor de càlcul de la tensió mitjana de compressió del mur, en la secció que correspongui

$N_{ad}$  capacitat d'empenta de l'arc, segons 5.3.4

$r$  altura de l'arc, segons 5.3.4

- 3 Com a biga vertical, si no es pot disposar de la resistència a tracció, com és el cas de murs de càrrega, on el fracàs del mur pot suposar el col·lapse de l'estructura, o amb acció sísmica:

$$M_{Rd1} = N_d \cdot (t \cdot 2 \cdot e - N_d / f_d) / 2 \quad (5.29)$$

on:

$N_d$  valor de càlcul de la compressió vertical del mur deguda a accions verticals  
 $t$  gruix del mur  
 $e$  excentricitat de la compressió, deguda a les accions verticals

- 4 En un altre cas, es pot procedir anàlogament, bé per repartiment dels moments isostàtics en cada direcció, d'acord amb la relació de capacitats resistents, tal com s'ha fet en (5.23) i (5.24), o per equilibri límit en la situació d'esgotament per flexió, a partir d'aquests mateixos paràmetres.
- 5 Quan en una de les vores hi hagi una barrera antihumitat, no és necessari considerar-la si la càrrega vertical sobre la barrera assegura que, per causa del moment aplicat, no se supera la resistència a la flexió (vegeu l'apartat 4.5.2.3). En un altre cas es considera com a juntura de filada buida.

#### 5.4.4 Arc estrebat als extrems

- 1 Quan un mur s'executa entre extrems capaços de resistir empenta, es pot suposar que les accions perpendiculars al seu pla es resisteixen mitjançant arcs verticals o horitzontals, si s'adopten les mesures constructives adequades a aquest comportament.
- 2 El càlcul com a arc es basa en el de tres articulacions, dos als extrems i una en una secció intermèdia, situades al centre de bieles d'amplada  $0,1 \cdot t_d$ , on  $t_d$  és el cantell del sòlid capaç on es pot inscriure l'arc (figura 5.10).
- 3 L'altura de l'arc,  $r$ , ve donada per l'equació:

$$r = 0,9 t_d - d \quad (5.30)$$

on:

$t_d$  cantell de l'arc

$d$  deformació de l'arc deguda al valor de càlcul de l'acció lateral; es pot negligir per a panys amb una relació de longitud al cantell no superior a 25. En un altre cas resulta del costat de la seguretat adoptar  $d = t_d / 4$ .

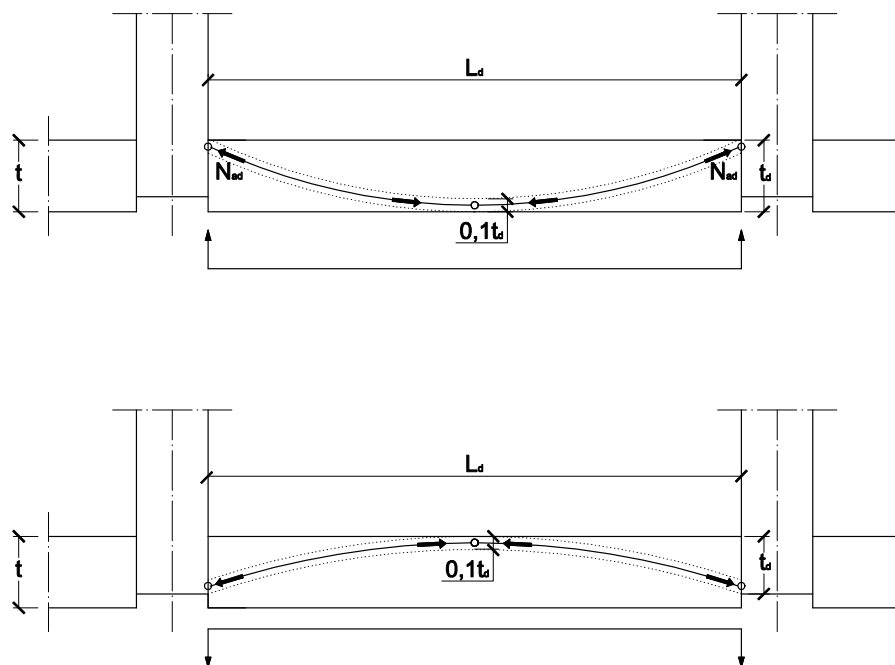


Figura 5.10 Comportament del mur com a arc rebaixat.

- 4 A l'efecte de comprovar la capacitat de resposta dels estreps, com a valor de càlcul de l'empenta màxima, per unitat de longitud o altura del mur,  $N_{ad}$ , es pot prendre:

$$N_{ad} = 1,5 \cdot f_d \cdot t_d / 10 \quad (5.31)$$

i quan la deformació lateral és petita, la resistència lateral de càlcul,  $q_{Rd}$ , és:

$$q_{Rd} = f_d \cdot (t_d / L)^2 \quad (5.32)$$

on:

$f_d$  resistència de càlcul de la fàbrica

$t_d$  cantell de l'arc

$L$  longitud o altura de l'arc

- 5 Petites variacions en el valor de  $L$  poden alterar els valors obtinguts en el càlcul de l'arc, per la qual cosa aquesta comprovació no és fiable per a fàbriques que tinguin una retracció en la seva direcció.

## 5.5 Falques

- 1 En els murs de maó a la caputxina, sotmesos a accions laterals, s'han de disposar falques que siguin capaces de traslladar l'acció horitzontal d'un full a un altre i capaces de transmetre-la als extrems.

- 2 N'hi ha prou amb un nombre de falques igual a:

$$n = q_d / F_d \quad (5.34)$$

on:

$q_d$  valor de càlcul de l'acció lateral per unitat de superfície

$F_d$  resistència de càlcul a compressió o tracció d'una falca, que s'ha d'especificar en el projecte.

- 3 En un mur de maó a la caputxina, l'acció que es transmet a cada full, s'ha de determinar distribuint l'acció del vent de manera proporcional a la resistència a càrrega lateral que ofereix cada full.
- 4 En un mur de revestiment s'ha de considerar que les falques transmeten tota l'acció lateral  $q_d$  al mur portant.

## 5.6 Fàbrica armada a flexió

- 1 Aquest apartat tracta dels elements de fàbrica armada, pretesada o confinada, sotmesos predominantment a flexió, com ara llindes.
- 2 En l'instant de fissuració de la fàbrica, l'armadura ha d'estar per sota del seu límit elàstic, fet que determina un criteri per quantificar l'armadura mínima requerida.

### 5.6.1 Anàlisi de sol·licitacions

- 1 A efectes de l'anàlisi, la llum de càlcul  $L_d$ , d'elements aïllats o continus, es mesura en general fins a l'eix de cada element de sustentació, però no més de fins a la cara més mig cantell útil,  $d$  (figura 5.13). Com a cantell útil es pren, com en el cas de formigó, la distància entre l'eix de l'armadura principal traccionada i la vora oposada.

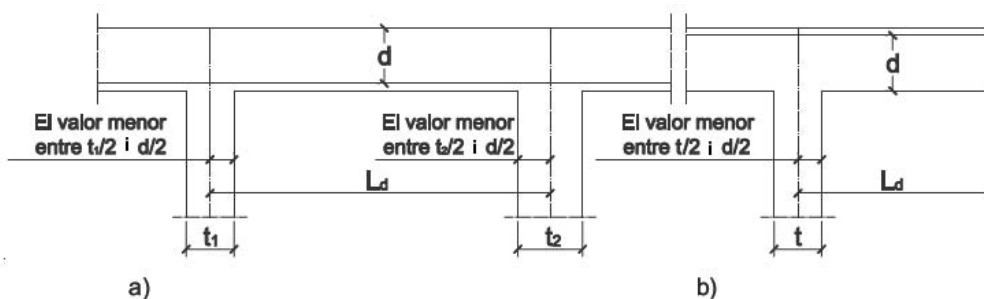


Figura 5.11 Llum de càlcul d'elements en flexió.

- 2 La llum lliure d'un element de fàbrica armada s'ha de limitar als valors donats a la taula 5.3.

## Document bàsic SE-F Fàbrica

Taula 5.3 Limitacions de la relació entre llum lliure i cantell útil

Condicions de vora	Relació de llum lliure i cantell útil	
	Mur <sup>(1)</sup>	Biga
Recolzat	35	20
Continu	45	26
Bidireccional	45	-
Voladís	18	7

<sup>(1)</sup> Es considera mur un element sotmès a flexió composta esbiaixada. Es considera biga la part d'un mur sotmesa a una flexió recta continguda en el seu pla.

<sup>(2)</sup> Per als murs d'extrem lliure sotmesos a una acció predominant de vent i que no formin part d'una estructura, la limitació de la relació llum lliure/cantell útil es pot incrementar un 30% si els revestiments admeten deformacions sense danyar-se.

- 6 Per assegurar l'estabilitat lateral, la distància lliure entre suports no ha de ser superior a  $60 b_c$  ni a  $250 \cdot b_c^2/d$ , en què  $b_c$  és l'amplada de la secció comprimida a meitat de l'obertura, i  $d$  és el cantell útil de la biga.
- 7 En els voladissos travats lateralment només en el suport, la llum lliure no ha de ser superior a  $25 b_c$  ni a  $100 \cdot b_c^2/d$ , en què  $b_c$  és l'amplada de la secció en el suport.
- 8 Una vegada analitzades les sol·licitacions d'una llinda, es poden redistribuir amb les mateixes condicions i limitacions que estableix la norma de formigó vigent.
- 9 Per determinar l'esforç tallant de càlcul d'un element sotmès a una càrrega uniformement distribuïda, es pot admetre que l'esforç tallant màxim es produeix a la distància  $d/2$  de la cara del suport, en què  $d$  és el cantell útil de la secció si es compleix que:
  - a) Les accions i les reaccions es poden equilibrar mitjançant bieles a compressió a  $45^\circ$  i armadura de tracció.
  - b) Als extrems l'armadura de tracció s'ancora una longitud no inferior a la necessària ni a una distància de  $2,5 d$ .
  - c) En una sustentació intermèdia, l'armadura de tracció necessària es prolonga des de la cara de l'element de suport una longitud d'almenys la d'ancoratge més  $2,5 d$ .

### 5.6.2 Capacitat resistent

- 1 En tot el que afecta les armadures o passives, i models de capacitat resistent de la secció, s'han de seguir, en el que no es contradigui aquí, les prescripcions de la norma de formigó vigent.
- 2 Els paràmetres de deformabilitat del formigó de reblliment s'han de considerar iguals als de la fàbrica.
- 3 Quan una zona inclogui part de fàbrica i part de formigó, s'ha de prendre com a resistència de càlcul la del material menys resistent.

#### 5.6.2.1 Sol·licitacions normals

- 1 Per calcular el moment flector resistent d'una secció, es pot adoptar com a simplificació una distribució rectangular de tensions, com la usada en formigó, i per tant la resistència a moment es regeix per l'expressió clàssica  $M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z$ , amb el braç de palanca  $z = d - x/2$ , en què  $x$  és la profunditat del bloc comprimit a tensió constant.
- 2 Per a murs de fàbrica armada a flexió en voladís, la profunditat  $x$  no pot ser superior a  $d/2$ .
- 3 La resistència a moment en elements amb armadures concentrades en nervis no pot ser superior a la que resulti de considerar la totalitat de l'ala comprimida.
- 4 Els elements de fàbrica armada amb una esveltesa superior a 12 s'han de comprovar tenint en compte els efectes de segon ordre, i, per analogia, es poden aplicar els procediments de la norma de formigó vigent.
- 5 A les zones comprimides de la fàbrica confinada, per aplicar un diagrama rectangular de tensions, s'ha de considerar només la resistència de la fàbrica. Si hi ha armadures a la zona de compressió no s'han de considerar.

- 6 Quan la secció es pugui assimilar a una T o L, el gruix de les ales  $t_f$  s'ha de considerar no superior a  $0,5 d$  (en què  $d$  és el cantell útil de la secció). S'ha de comprovar que la fàbrica situada entre les armadures pugui resistir, si existeixen, els esforços de flexió. Per a seccions assimilables a T, l'amplada efectiva de l'ala,  $b_{ef}$ , no ha de ser superior a l'amplada del buit armat o del nervi més 12 vegades el gruix de l'ala ( $t_f$ ), ni a un terç de l'altura del mur ni a la distància entre buits o nervis. Si s'assimila a una L, els límits han de ser la meitat dels assenyalats. En un altre cas l'amplada de la secció resistent no s'ha de considerar superior a 3 vegades el gruix de la fàbrica (vegeu la figura 5.12).

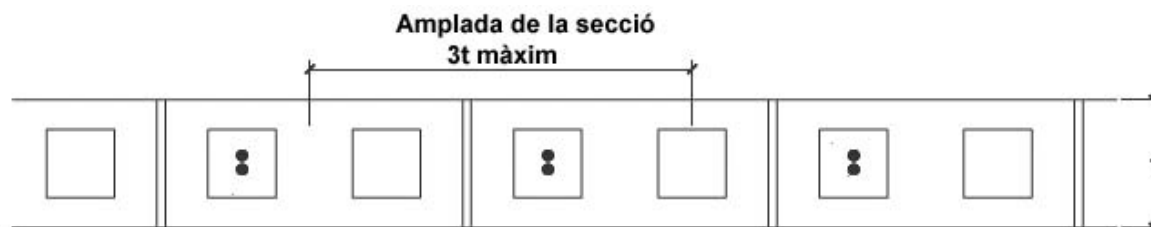


Figura 5.12 Amplada de les seccions amb armadures concentrades en buits

### 5.6.2.2 Sol·licitacions tangencials

- 1 En la comprovació a tallant d'elements de fàbrica confinada, es negligeix la contribució de l'armadura.
- 2 En trams recolzats o en voladís de llum curta, la llum a tallant,  $a_v$ , dels quals (relació entre el màxim moment flector de càlcul de la peça i el màxim tallant a l'extrem considerat) sigui inferior a dues vegades el cantell útil, el valor del terme de resistència de la fàbrica,  $f_{vd}$ , es pot multiplicar pel factor:

$$k = 2d / a_v \leq 4 \quad (5.35)$$

sense que el valor resultant superi  $0,7 \text{ N/mm}^2$ .

## 5.7 Bigues de gran cantell

### 5.7.1 Anàlisi

- 1 Es consideren bigues de gran cantell les que tenen una llum lliure inferior al doble del cantell.
- 2 La llum de càlcul es mesura amb la regla de les de les bigues, però sense superar 1,15 vegades la llum lliure, i com a braç mecànic,  $z$ , es pren el valor:

$$z = 0,4 h + 0,2 L_d < 0,7 L_d \quad (5.36)$$

on  $h$  és l'altura lliure del pany de mur que forma la biga.

- 3 S'ha de comprovar la possible inestabilitat per vinclament de la zona comprimida de la biga de gran cantell si no està travada, i la resistència a compressió en les sustentacions.
- 4 En el càlcul s'han de considerar totes les càrregues que s'apliquen a la part allindada del mur, llevat que es puguin transmetre cap a altres elements, gràcies a l'efecte dels forjats superiors que es comporten com a tirants. El mètode de càlcul que es proposa no permet considerar càrregues aplicades dins el cantell útil de la biga.
- 5 Si la continuïtat lateral del mur permet contrarestar empentes, per al càlcul es pot usar el criteri que la part de mur superior que carrega sobre la biga és la continguda en un arc parabòlic d'una fletxa igual al 0,6 de la llum lliure d'aquest.
- 6 Per determinar l'armadura necessària, una biga de gran cantell aïllada es considera com a birecolzada, segons la figura 5.13.

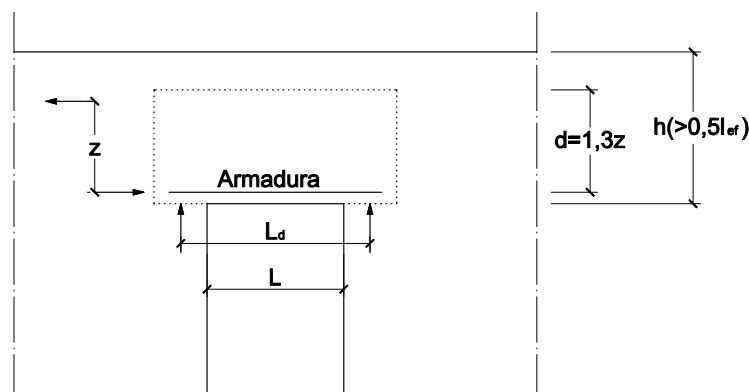


Figura 5.13 Biga de gran cantell

### 5.7.2 Capacitat resistent

- 1 La capacitat resistent de la biga de gran cantell es limita a  $0,4 \cdot f_d \cdot b \cdot d^2$ , prenent  $d = 1,3 z$ .
- 2 A més de l'armadura principal, si no hi ha sardinell, s'han de col·locar armadures a les juntures de filada, per evitar la fissuració, a una altura igual al menor de  $0,5 \cdot L_d$  o  $0,5 \cdot d$ , comptada des de la cara inferior de la biga.
- 3 L'armadura ha de ser uniforme (s'ha de cavalcar correctament si s'escau) en tota la llum  $L_d$ , i s'ha de prolongar amb la corresponent longitud d'ancoratge, segons l'apartat 7.4.3.
- 4 En bigues de gran cantell, no és necessari col·locar armadura transversal si el càlcul, considerant que  $d = 1,3 \cdot z$ , no ho exigeix.

### 5.7.3 Llindes compostes

- 1 Si s'utilitzen llindes prefabricades de formigó armat o pretesat per treballar conjuntament amb la fàbrica, i la seva rigidesa és petita comparada amb la de mur superior, es poden aplicar els criteris de les bigues de gran cantell, sempre que es justifiqui que la longitud d'agafada a cada extrem de la llinda prefabricada és suficient, i aquesta no és inferior a 100 mm (vegeu la figura 5.18).

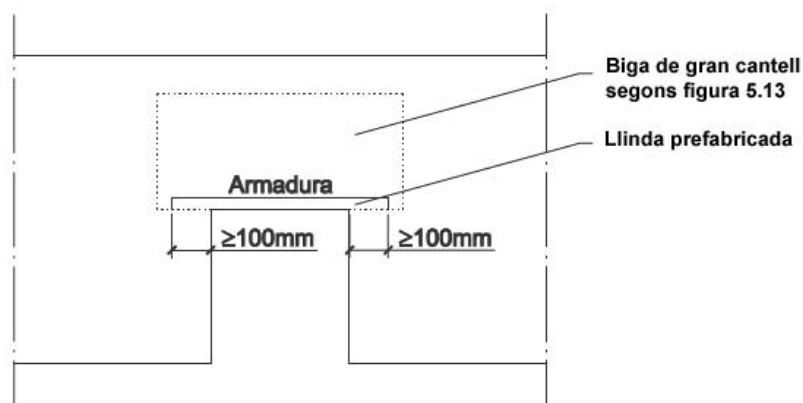


Figura 5.14 Biga de gran cantell amb llinda composta

- 2 Per evitar sobrecarregar els brancals de la fàbrica, l'agafada de les llindes ha de ser superior al seu cantell.

## 6 Solucions constructives

### 6.1 Tipus de murs

- 1 En aquest capítol es mostren figures de murs d'un full, de maó a la caputxina, doblats, carejats, de juntura de filada buida i de revestiment i d'armat de fàbriques.

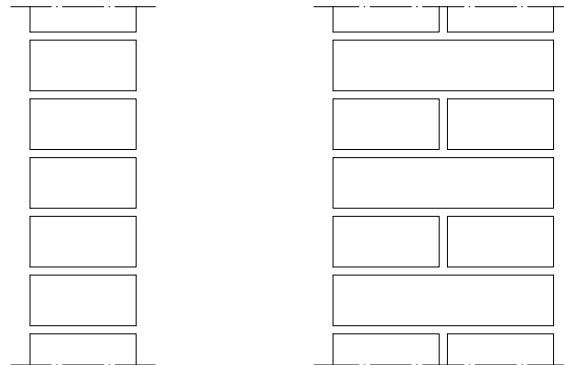


Figura 6.1 Exemples de seccions de murs d'un full

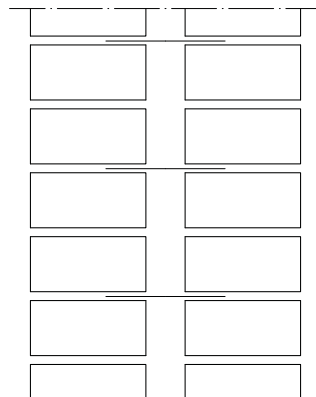


Figura 6.2 Exemple de seccions de murs de maó a la caputxina

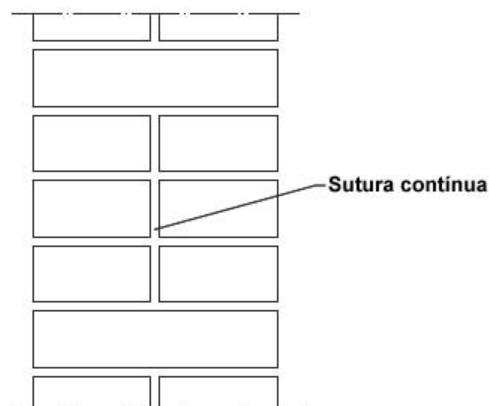


Figura 6.3 Exemple de secció de mur doblat

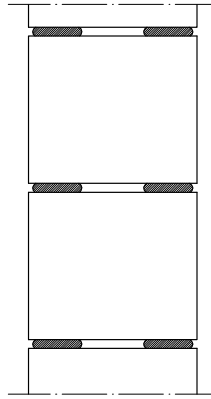
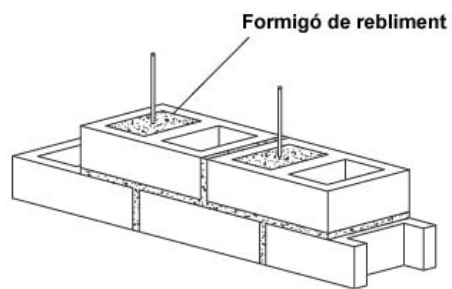
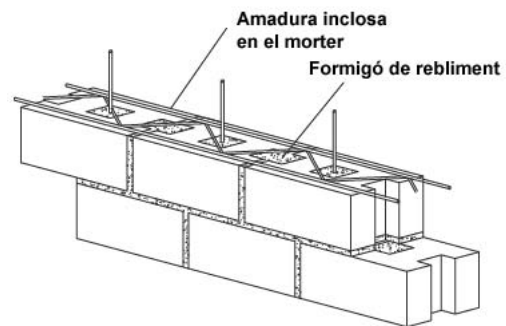


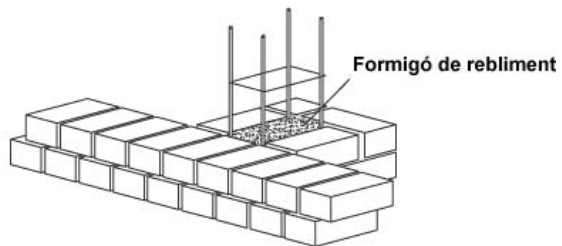
Figura 6.4 Exemple de secció de mur de junteres de filada buides



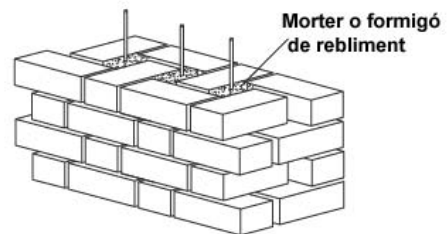
a) Mur armat de bloc buit



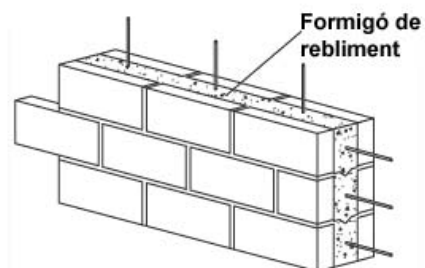
b) Mur amb armadura vertical i armadura de junta de filada



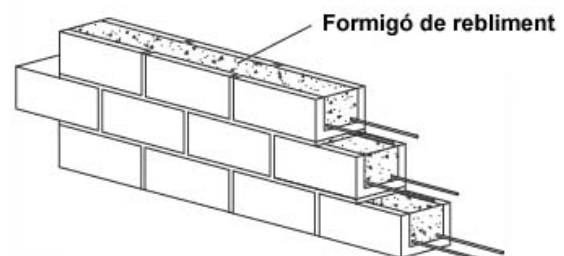
c) Mur amb pilastres armades



d) Mur armat en buits aparellats



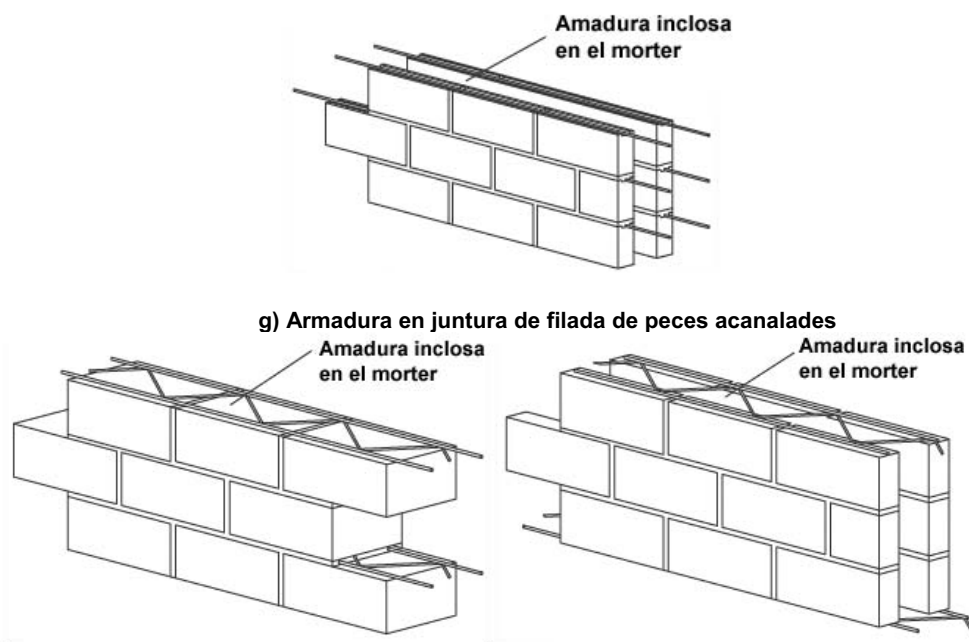
e) Mur reblit de formigó



f) Linda armada



## Document bàsic SE-F Fàbrica



h) Murs amb armadura de junta de filada  
Figura 6.5 Exemples de disposicions d'armat de fàbriques

## 7 Execució

### 7.1 Execució de murs

#### 7.1.1 Humectació de les peces

- 1 Les peces, fonamentalment les de ceràmica, s'han d'humitejar abans de fer-les servir en l'execució de la fàbrica, bé per aspersió, bé per immersió, durant uns quants minuts. La quantitat d'aigua absorbida per la peça ha de ser la necessària perquè no variï la consistència del morter en posar-lo en contacte amb aquesta, sense succionar aigua de pastar ni incorporar-la.

#### 7.1.2 Col·locació de les peces

- 1 Les peces s'han de refregar sempre, sobre una capa de morter, fins que el morter vessi per la juntura vertical i la juntura de filada. No es pot moure cap peça un cop efectuada l'operació de refregar. Si és necessari corregir la posició d'una peça, s'ha de treure i retirar també el morter.

#### 7.1.3 Rebliment de juntures

- 1 Una juntura vertical es considera reblida si el morter massissa el gruix total de la peça en almenys el 40% del seu través; en cas contrari es considera buida.
- 2 El morter ha d'omplir totalment les juntures de filada (excepte en cas de juntura de filada buida) i juntures verticals, en funció del tipus de peça utilitzat.
- 3 Quan s'especifiqui la utilització de juntures primes, les peces s'han d'assentar acuradament perquè les juntures mantinguin el gruix establert de manera uniforme.
- 4 El rejuntat si s'escau s'ha de realitzar mentre el morter estigui fresc.
- 5 Sense autorització expressa, en murs d'un gruix inferior a 200 mm, les juntures no s'han d'enfondir a una profunditat superior a 5 mm.
- 6 Si es procedeix al rejuntat, el morter ha de tenir les mateixes propietats que el d'assentar les peces. Abans del rejuntat, s'ha de raspallar el material solt, i si és necessari, s'ha d'humitejar la fàbrica. Quan es rasqui la juntura s'ha de tenir cura a deixar la distància suficient entre qualsevol buit interior i la cara del morter.

#### 7.1.4 Lligades

- 1 Les fàbriques s'han d'aixecar per filades horitzontals en tota l'extensió de l'obra, sempre que es pugui. Quan dues parts d'una fàbrica s'hagin d'aixecar en èpoques diferents, la que s'executi primer s'ha de deixar escalonada. Si això no és possible, s'ha de deixar formant alternativament entrants, lligades, i sortints, repeses.
- 2 En les filades consecutives d'un mur, les peces s'ha de cavalcar perquè el mur es comporti com un element estructural únic. El cavalcament ha de ser almenys igual a 0,4 vegades el gruix de la peça i no ha de ser inferior a 40 mm (vegeu la figura 7.1). En les cantonades o trobades, el cavalcament de les peces no ha de ser inferior al seu través; a la resta del mur, es poden emprar peces tallades per aconseguir el cavalcament necessari.

## Document bàsic SE-F Fàbrica

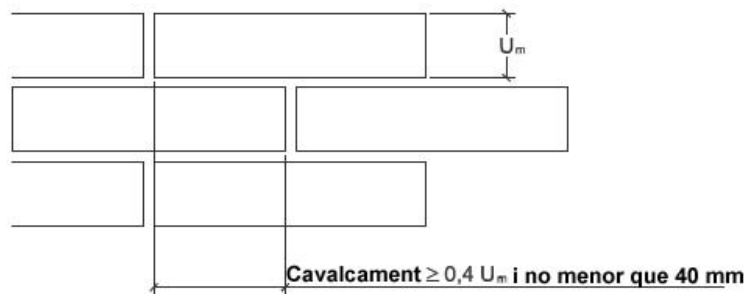


Figura 7.1 Cavalcament de peces de fàbrica.

## 7.1.5 Detall d'aparells de fàbrica

- Per poder emprar els valors i equacions de l'apartat 4.6 i de l'annex C, el gruix de les juntures de filada i de les juntures verticals de morter ordinari o lleuger no pot ser inferior a 8 mm ni superior a 15 mm, i el de juntures de filada i juntures verticals de morter de junta prima no pot ser inferior a 1 mm ni superior a 3 mm. Les figures 7.2, 7.3 i 7.4 mostren diferents tipus d'aparell.

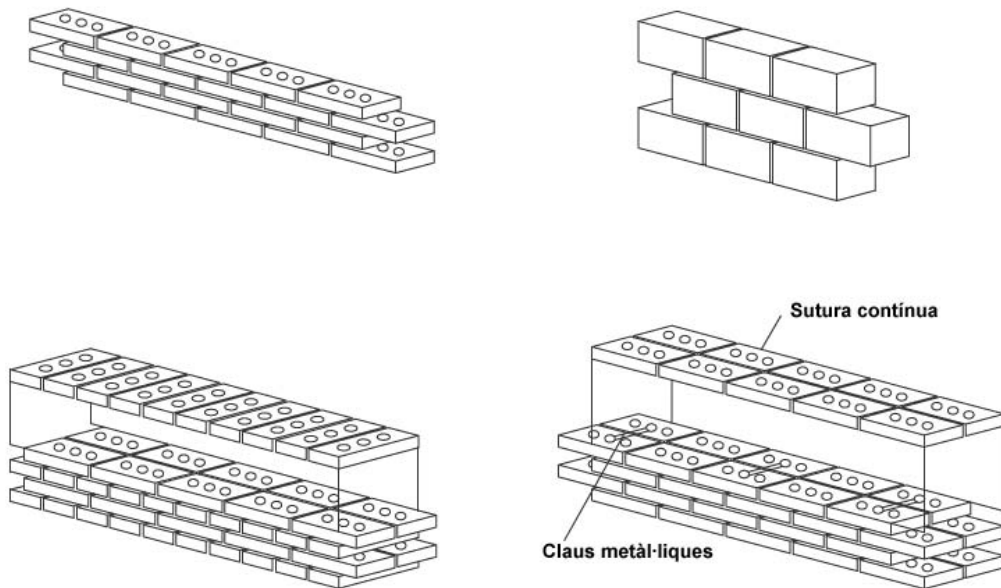


Figura 7.2 Exemples d'aparell amb peces massisses.

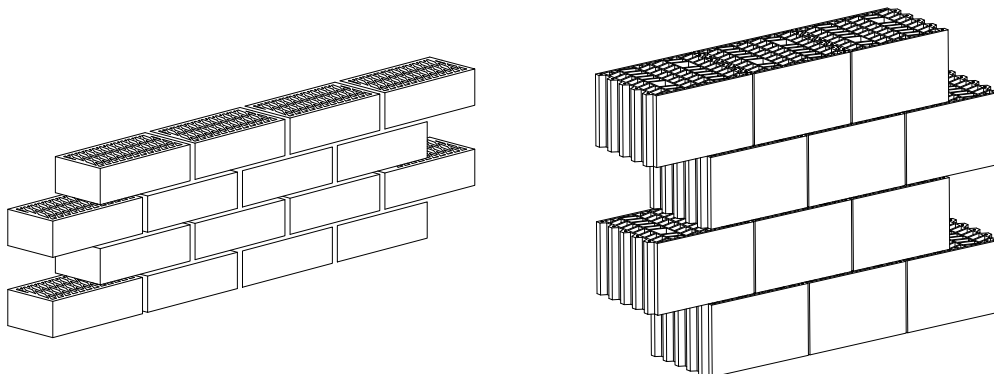


Figura 7.3 Exemples d'aparell amb peces alleugerides i buides.

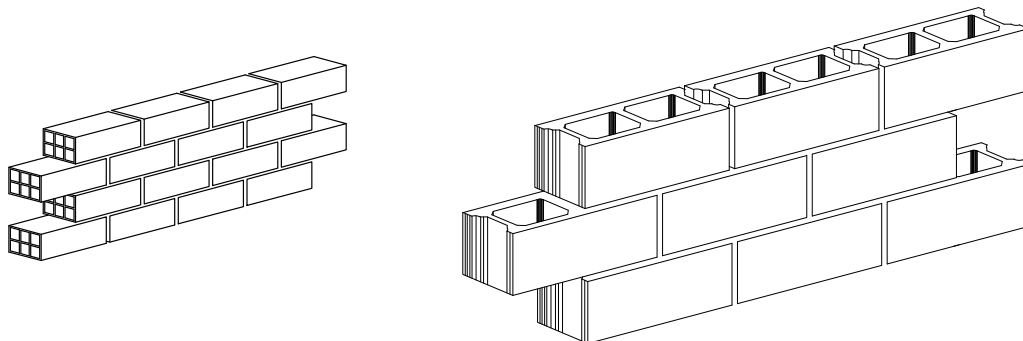


Figura 7.4 Exemples d'aparell amb peces alleugerides.

### 7.1.6 Suports de càrregues concentrades

- 1 La longitud suport d'una càrrega concentrada sobre un mur no ha de ser inferior a 100 mm.

### 7.2 Llindes

- 1 Encara que en el càlcul se suposi que els extrems de les llindes estan simplement recolzats, s'ha de disposar una armadura de continuïtat sobre els suports, d'una secció no inferior al 50% de l'armadura al centre de l'obertura i s'ha d'ancorar d'acord amb l'apartat 7.4.
- 2 En llindes, l'armadura del centre de l'obertura s'ha de prolongar fins als suports, almenys el 25% de la seva secció, i s'ha d'ancorar segons l'apartat esmentat.

### 7.3 Enllaços

#### 7.3.1 Enllaç entre murs i forjats

##### 7.3.1.1 Generalitats

- 1 Quan es consideri que els murs estan travats pels forjats, s'han d'enllaçar a aquests de manera que es puguin transmetre les accions laterals.
- 2 Les accions laterals s'han de transmetre als elements travats o a través de la mateixa estructura dels forjats (monolítics) o mitjançant bigues perimetrals capaces d'absorbir els moments i tallants resultants.
- 3 Les accions laterals es poden transmetre mitjançant connexions específiques (entre murs i forjats) o per fricció.
- 4 Quan un forjat carrega sobre un mur, la longitud de suport ha de ser l'estructuralment necessària però mai no pot ser inferior a 65 mm (tenint en compte les toleràncies de fabricació i de muntatge).
- 5 Les falques de murs de maó a la caputxina s'han de disposar de manera que quedin prou rebudes en els dos fulls (aquesta prescripció es considera satisfeta si es compleix la norma UNE EN 845-1:2001), i la seva forma i disposició ha de ser tal, que l'aigua no pugui passar per les claus d'un full a una altre.

##### 7.3.1.2 Enllaç per connectors

- 1 Quan s'utilitzin connectors, aquests han de ser capaços de transmetre les accions laterals del mur als elements estructurals travats.
- 2 Quan la sobrecàrrega en el mur és petita o nul·la (per exemple, en la unió d'una paret mitgera amb la coberta), és necessari assegurar especialment que la unió entre els connectors i el mur és eficaç.

- 3 La separació dels elements de connexió entre murs i forjats no ha de ser superior a 2 m, excepte en edificis de més de quatre plantes d'altura en què no ha de ser superior a 1,25 m.

#### 7.3.1.3 Enllaç per fricció

- 1 No són necessaris ancoratges si el suport dels forjats de formigó es prolonga fins al centre del mur o un mínim de 65 mm, sempre que no sigui un suport lliscant.

#### 7.3.2 Enllaç entre murs

##### 7.3.2.1 Generalitats

- 1 És recomanable que els murs que es vinculen s'aixequin simultàniament.

##### 7.3.2.2 Murs de maó a la caputxina

- 1 El nombre de falques que vinculen els dos fulls d'un mur de maó a la caputxina no ha de ser inferior a 2 per m<sup>2</sup>. Si s'utilitzen armadures de juntura de filada cada element d'enllaç es considera com una falca.
- 2 S'han de col·locar falques en cada vora lliure i als brancals dels buits.
- 3 En elegir les falques s'ha de considerar qualsevol possible moviment diferencial entre els fulls del mur, o entre un full i un marc.

##### 7.3.2.3 Murs doblats

- 1 Els dos fulls d'un mur doblat (vegeu l'annex A) s'han d'enllaçar eficaçment mitjançant connectors capaços de transmetre les accions laterals entre els dos fulls, amb una àrea mínima de 300 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> de mur, amb connectors d'acer disposats uniformement en un nombre no inferior a 2 connectors/m<sup>2</sup> de mur.
- 2 Algunes formes d'armadures de juntura de filada també poden actuar com a falques entre els dos fulls d'un mur doblat.
- 3 En l'elecció del connector s'han de tenir en compte possibles moviments diferencials entre els fulls.

#### 7.3.3 Murs en contacte amb el terreny

- 1 La fàbrica en contacte amb el terreny ha de ser tal que no es vegi afectada desfavorablement per les condicions del terreny o bé ha d'estar adequadament protegida per a això.
- 2 S'han de prendre mesures protectores per a les fàbriques que puguin ser danyades per efecte de la humitat en contacte amb el terreny. S'han d'aplicar les prescripcions indicades en la secció corresponent del DB-HS.
- 3 Quan sigui previsible que el terreny contingui substàncies químiques agressives per a la fàbrica, aquesta s'ha de construir amb materials resistents a les substàncies esmentades o bé s'ha de protegir de manera que quedi aïllada de les substàncies químiques agressives.

#### 7.4 Regates i rebaixos

- 1 En murs de càrrega, per a l'execució de regates i rebaixos, s'ha de comptar amb les ordres del director d'obra, ben expresses o bé per referència a detalls del projecte.
- 2 L'execució de regates ha de tenir en compte la no-afectació d'elements estructurals associats al mur, com ara llindes, ancoratges entre peces o armadures de reforç de qualsevol tipus, i en aquests casos no s'han de produir discontinuïtats ni minva de resistència d'aquests com a resultat d'ells.
- 3 En murs d'execució recent, s'ha d'esperar que el morter d'unió entre peces hagi endurit degudament i que s'hagi produït la corresponent adherència entre morter i peça.
- 2 No s'han de realitzar a les zones proveïdes d'armadura.

## 7.5 Disposicions relatives a les armadures

### 7.5.1 Secció mínima de l'armadura

- 1 La secció de l'armadura principal no ha de ser inferior al 0,1% de la secció del mur (producte del cantell útil per l'amplada eficaç que es considera). En els murs en què les juntures de filada s'han armat per incrementar-ne la resistència enfront de càrregues laterals, la secció de l'armadura esmentada no pot ser inferior al 0,03 % de l'àrea bruta de la secció.
- 2 Quan les armadures de les juntures de filada es disposin per controlar la fissuració o per dotar la fàbrica de ductilitat, l'àrea de l'armadura no pot ser inferior al 0,03% i la separació vertical no pot ser superior a 600 mm.
- 3 Un element de fàbrica amb una armadura inclosa en els seus buits, sol·licitada a flexió en una direcció, necessita una altra armadura transversal en direcció perpendicular a la principal. L'àrea de l'armadura transversal no ha de ser inferior a 0,05% del producte de l'amplada total pel cantell útil.
- 4 L'armadura transversal pot col·laborar en el control de la fissuració deguda a moviments tèrmics o a la humitat.
- 5 En murs amb pilastres armades o altres construccions similars no es necessita una armadura transversal, llevat que sigui necessària per enllaçar la fàbrica al formigó de rebliment.
- 6 Les armadures han de tenir un diàmetre nominal mínim de 6 mm.

### 7.5.2 Ancoratges i enllaços

#### 7.5.2.1 Ancoratge

- 1 L'ancoratge pot ser per una prolongació recta, ganxo, gafa o grampilló, segons la figura 7.5.
- 2 No s'han d'utilitzar ancoratges per prolongació recta o per gafes en barres llises de més de 8 mm de diàmetre. En barres a compressió no s'han d'utilitzar ancoratges de ganxo, gafa o grampilló.
- 3 Com a longitud d'ancoratge recte  $l_b$  d'una barra, admetent que la tensió d'adherència és constant, és suficient:

$$l_b = \frac{\Phi \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bod}} \quad (7.1)$$

on

$\Phi$  diàmetre eficaç de la barra d'acer

$f_{yd}$  resistència de càlcul de l'acer d'armar,

$f_{bod}$  resistència de càlcul d'ancoratge per adherència de l'acer d'armar, obtinguda a partir de la taula 4.8,

- 4 Quan s'utilitzi ganxo, gafa i grampilló la longitud d'ancoratge de les barres a tracció es pot reduir a  $0,7 \cdot l_b$ .
- 5 Quan la secció de l'armadura és superior a la requerida pel càlcul, la longitud d'ancoratge es pot reduir proporcionalment, amb un mínim de  $0,3 \cdot l_b$ , 10 diàmetres, o 100 mm. En compressió a més amb un mínim de  $0,6 \cdot l_b$ .

## Document bàsic SE-F Fàbrica

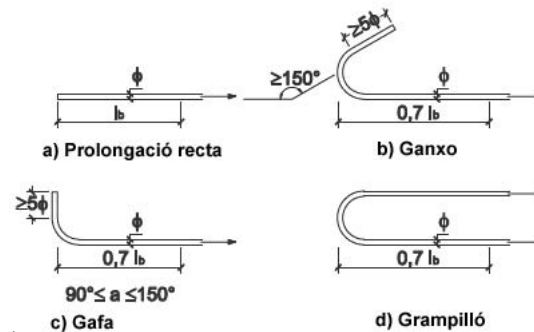


Figura 7.5 Tipus d'ancoratge.

- Quan es pugui, s'ha de disposar una armadura transversal distribuïda uniformement sobre la longitud d'ancoratge, col·locant almenys una barra a la zona corba d'ancoratge. L'àrea total mínima de l'armadura transversal ha de ser el 25% de la secció de la barra ancorada.
- En les armadures de juntura de filada, la longitud d'ancoratge s'obté en funció de la resistència característica d'ancoratge per adherència determinada a l'apartat 4.5.3.

**7.5.2.2 Cavalcament**

- Mentre es pugui, no s'han de disposar cavalcaments d'armadures en zones fortament sol·licitades, o on variïn les dimensions de la secció (exemple: un escalonat en el gruix del mur). La distància lliure entre dues armadures cavalcades no ha de ser inferior a dos diàmetres ni a 20 mm.
- La longitud de cavalcament en les armadures de juntura de filada es pot obtenir en funció del resultat dels assajos realitzats per obtenir-ne la longitud d'ancoratge.

**7.5.2.3 Ancoratge de l'armadura transversal**

- L'ancoratge de l'armadura transversal (incloent-hi els estreps), s'ha de realitzar mitjançant ganxos o gafes, col·locant on sigui necessari una armadura longitudinal a la zona corba del ganxo o gafa.
- L'ancoratge és eficaç quan la prolongació del ganxo no és inferior a 5 diàmetres o a 50 mm, i la de la gafa no és inferior a 10 diàmetres o a 70 mm.

**7.5.2.4 Reducció de l'armadura de tracció**

- En un element a flexió, tota barra s'ha de prolongar, a partir del punt en què no és necessària, una longitud no inferior al cantell útil de l'element ni a 12 diàmetres, excepte en els suports extrems.
- Quan hi hagi una càrrega important a una distància menor de  $2d$  de la vora del suport més pròxim, tota l'armadura principal de flexió s'ha de prolongar fins al suport i s'ha d'ancorar amb una longitud d'ancoratge de 20 vegades el diàmetre.

**7.5.3 Armadura transversal**

- Quan el càlcul requereixi una armadura transversal, aquesta s'ha de disposar en tota la llum amb una àrea mínima no inferior al 0,1% de la secció de la fàbrica (el cantell útil multiplicat pel gruix eficaç de la secció considerada).
- La distància màxima entre estreps,  $s$ , no ha de ser superior a  $0,75d$  ni 300 mm.

**7.5.4 Separació d'armadures**

- En general, la distància lliure entre armadures adjacents paral·leles no ha de ser inferior a la mida màxima de l'àrid més 5 mm, ni al diàmetre de l'armadura, ni a 10 mm.
- La separació entre armadures principals de tracció no ha de ser superior a 600 mm, excepte la d'armadures concentrades en nuclis o ranures, o en les armadures de juntura de filada.

- 3 Quan l'armadura es trobi en pilastres o ranures, la fàbrica situada entre aquests nuclis s'ha de calcular d'acord amb l'apartat 5.6.2. L'àrea total de l'armadura principal no pot excedir el 4% de la secció bruta del rebliment del nucli o de la pilastra, excepte a la zona de cavalcaments que pot assolir fins al 8%.

### 7.5.5 Fàbrica confinada

- 1 La fàbrica confinada (figura 7.6) s'ha de construir entre elements de formigó armat o de fàbrica armada; els elements horitzontals han de coincidir amb els forjats, els verticals amb les interseccions de murs i amb els brancals de buits (quan l'àrea del buit sigui més gran d' $1,5 \text{ m}^2$ ). La separació entre aquests elements, tant horitzontal com vertical, no pot superar els 4 m.
- 2 L'àrea de la secció dels elements confinants no pot ser inferior a  $0,02 \text{ m}^2$ , amb una dimensió mínima de 100 mm i amb una secció mínima d'armadura de  $0,02 \text{ t}$  (en  $\text{mm}^2$ ), en què t és el gruix en mm del mur, ni inferior a  $200 \text{ mm}^2$ .
- 3 El formigonatge dels elements que vagin armats s'ha de realitzar un cop executada la fàbrica i s'ha d'ancorar a aquesta.
- 4 Quan s'utilitzi fàbrica confinada realitzada amb peces massisses, perforades o alleugerides, s'han d'utilitzar barres d'un diàmetre no inferior a 6 mm i amb una separació no superior a 600 mm, correctament ancorades al formigó de rebliment i a les juntures de morter.

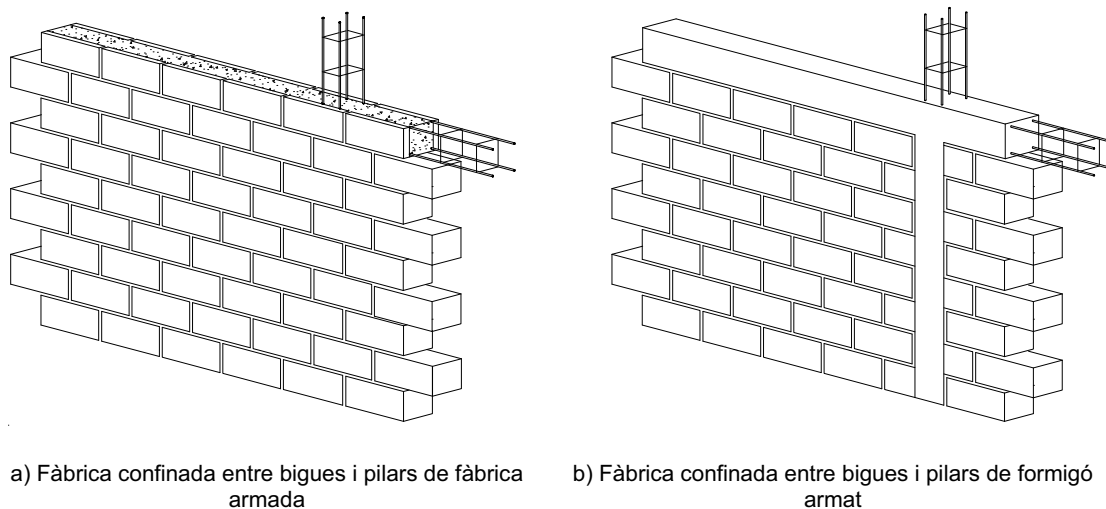


Figura 7.6 Exemples de fàbrica confinada.

## 7.6 Fàbrica pretesada

### 7.6.1 Armadures pretesades

- 1 Quan els tendons pretesats adherits a la fàbrica es disposen dins de pilastres, nuclis o cambres plenes amb formigó o morter, s'han de seguir les recomanacions de l'apartat 3.3, si les armadures actives són preteses i individuals. Per a armadures actives agrupades o postteses s'han d'aplicar les especificacions de la Instrucció EHE.
- 2 Quan els tendons no són adherits i es disposen en pilastres, nuclis o cambres obertes, la forma de construcció, el tipus d'armadura i les mesures de protecció han de proporcionar el nivell requerit de durabilitat i protecció de les armadures pretesades, tenint cura especialment de l'estanquitat de les proteccions que assegurin la durabilitat de les armadures actives enfront dels fenòmens de corrosió sota tensió.



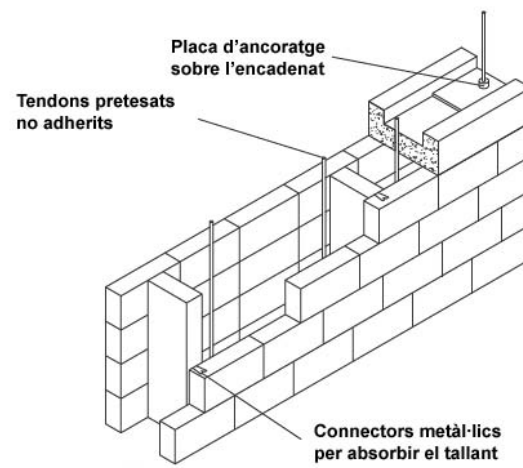


Figura 7.7 Exemple de fàbrica pretesada.

## 8 Control de l'execució

### 8.1 Recepció de materials

- 1 La recepció de ciments, de formigons, i de l'execució i control d'aquests, està regulat en documents específics.

#### 8.1.1 Peces

- 1 Les peces s'han de subministrar a obra amb una declaració del subministrador sobre la seva resistència i la categoria de fabricació.
- 2 Per a blocs de pedra natural s'han de confirmar la procedència i les característiques especificades en el projecte, i constatar que la pedra està sana i no presenta fractures.
- 3 Les peces de categoria I han de tenir una resistència declarada, amb probabilitat de no ser assolida, inferior al 5%. El fabricant ha d'aportar la documentació que acredita que el valor declarat de la resistència a compressió s'ha obtingut a partir de peces mostrejades segons UNE EN 771 i assajades segons UNE EN 772-1:2002, i l'existència d'un pla de control de producció en fàbrica que garanteix el nivell de confiança esmentat.
- 4 Les peces de categoria II han de tenir una resistència a compressió declarada igual al valor mitjà obtingut en assajos amb la norma avantdita, si bé el nivell de confiança pot resultar inferior al 95%.
- 5 El valor mitjà de la compressió declarada pel subministrador, multiplicat pel factor  $\delta$  de la taula 8.1 no ha de ser inferior al valor usat en els càlculs com a resistència normalitzada. Si es tracta de peces de categoria I, en què el valor declarat és el característic, s'ha de convertir en el mitjà, utilitzant el coeficient de variació, i s'ha de procedir anàlogament.

Taula 8.1 Valors del factor  $\delta$

Alçada de peça (mm)	Menor dimensió horitzontal de la peça (mm)				
	50	100	150	200	$\geq 250$
50	0,85	0,75	0,70	–	–
65	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
$\geq 250$	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15

- 6 Quan en el projecte s'hagi especificat directament el valor de la resistència normalitzada amb esforç paral·lel a la taula, en el sentit longitudinal o en el transversal, s'ha d'exigir al fabricant, a través si s'escau del subministrador, el valor declarat obtingut mitjançant assajos, i s'ha de procedir segons els punts anteriors.
- 7 Si no hi ha un valor declarat pel fabricant per al valor de resistència a compressió en la direcció d'esforç aplicat, s'han de prendre mostres a l'obra segons UNE EN771 i s'han d'assajar segons EN 772-1:2002, aplicant-hi l'esforç en la direcció corresponent. El valor mitjà obtingut s'ha de multiplicar pel valor  $\delta$  de la taula 8.1, no superior a 1,00, i s'ha de comprovar que el resultat obtingut és més gran o igual que el valor de la resistència normalitzada especificada en el projecte.
- 8 Si la resistència a compressió d'un tipus de peces amb forma especial té una influència predominant en la resistència de la fàbrica, la seva resistència es pot determinar amb l'última norma esmentada.
- 10 L'abassegament a l'obra s'ha d'efectuar evitant el contacte amb substàncies o ambients que perjudiquin físicament o químicament la matèria de les peces.

### 8.1.2 Sorres

- 1 Cada remesa de sorra que arribi a l'obra s'ha de descarregar en una zona de sòl sec, convenientment preparada a aquest efecte, en què es pugui conservar neta.
- 2 Les sorres de diferent tipus s'han d'emmagatzemar per separat.
- 3 S'ha de realitzar una inspecció ocular de les característiques i, si es considera necessari, s'ha de realitzar una presa de mostres per a la comprovació de les característiques al laboratori.
- 4 Es pot acceptar sorra que no compleixi alguna condició, si es procedeix a la seva correcció a l'obra mitjançant rentatge, cribatge o barreja, i després de la correcció compleix totes les condicions exigides.

### 8.1.3 Ciments i calçs

- 1 Durant el transport i emmagatzematge s'han de protegir els aglomerants enfront de l'aigua, la humitat i l'aire.
- 2 Els diferents tipus d'aglomerants s'han d'emmagatzemar per separat.

### 8.1.4 Morters secs preparats i formigons preparats

- 1 En la recepció de les barreges preparades s'ha de comprovar que la dosificació i resistència que figuren a l'envàs corresponen a les sol·licitades.
- 2 La recepció i l'emmagatzematge s'han d'ajustar a l'assenyalat per al tipus de material.
- 3 Els morters preparats i els secs s'han d'utilitzar seguint les instruccions del fabricant, que han d'incloure el tipus de pastera, el temps de pastada i la quantitat d'aigua.
- 4 El morter preparat s'ha d'utilitzar abans que transcorri el termini d'ús definit pel fabricant. Si s'ha evaporat aigua, s'hi pot afegir només durant el termini d'ús definit pel fabricant.

## 8.2 Control de la fàbrica

- 1 En qualsevol cas, o quan s'hagi especificat directament la resistència de la fàbrica, es pot acudir a determinar directament aquesta variable a través de l'EN 1052-1.
- 2 Si falla alguna de les proves de recepció de les peces, o no es donen les condicions de categoria de fabricació suposades, o no s'assoleix el tipus de control d'execució previst al projecte, s'ha de procedir a recalcular l'estructura a partir dels paràmetres constatats, i si s'escau del coeficient de seguiment apropiat al cas.
- 3 Quan el projecte no defineixi toleràncies d'execució de murs verticals, s'han d'utilitzar els valors de la taula 8.2, que s'han tingut en compte en les fórmules de càlcul.

### 8.2.1 Categories d'execució

- 1 S'estableixen tres categories d'execució: A, B i C, segons les regles següents.

#### Categoria A:

- a) S'usen peces que disposin d'un certificat de les seves especificacions sobre tipus i grup, dimensions i toleràncies, resistència normalitzada, succió, i retracció o expansió per humitat.
- b) El morter disposa d'especificacions sobre la seva resistència a la compressió i a la flexotracció a 7 i 28 dies.
- c) La fàbrica disposa d'un certificat d'assajos previs a la compressió segons la norma UNE EN 1052-1:1999, a tracció i a tall segons la norma UNE EN 1052-4:2001.
- d) Durant l'execució es realitza una inspecció diària de l'obra executada, així com el control i la supervisió continuada per part del constructor.

#### Categoria B:

## Document bàsic SE-F Fàbrica

- Les peces estan dotades de les especificacions corresponents a la categoria A, excepte en el que afecta les propietats de succió, de retracció i expansió per humitat.
- Es disposa d'especificacions del morter sobre les seves resistències a la compressió i a la flexotracció, a 28 dies.
- Durant l'execució es realitza una inspecció diària de l'obra executada, així com el control i la supervisió continuada per part del constructor.

## Categoria C:

Quan no es compleixi algun dels requisits establerts per a la categoria B.

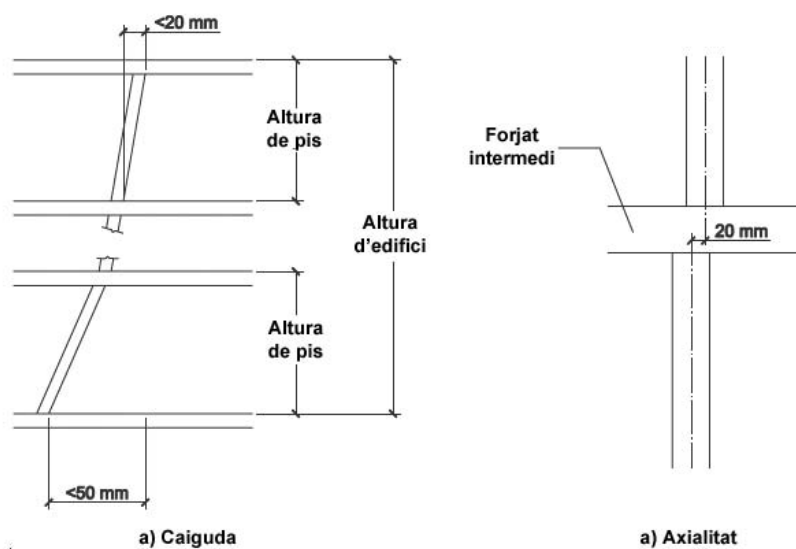


Figura 8.1 Toleràncies de murs verticals.

Taula 8.2 Toleràncies per a elements de fàbrica

	Posició	Tolerància, en mm
Caiguda	En l'altura del pis	20
	En l'altura total de l'edifici	50
Axialitat		20
Planitud <sup>(1)</sup>	En 1 metre	5
	En 10 metres	20
Gruix	Del full del mur <sup>(2)</sup>	$\pm 25$ mm
	Del mur de maó a la caputxina complet	+10

<sup>(1)</sup> La planitud es mesura a partir d'una línia recta que uneix dos punts qualssevol de l'element de fàbrica.

<sup>(2)</sup> Excloent el cas en què el gruix del full està directament vinculat a les toleràncies de fabricació de les peces (en fàbriques de soga o de través). Pot arribar al +5% del gruix del full.

### 8.3 Morters i formigons de rebliment

- S'admet la barreja manual únicament en projectes amb una categoria d'execució C. El morter no s'ha d'embrutar durant la seva manipulació posterior.
- El morter i el formigó de rebliment s'han d'utilitzar abans d'iniciar-se el forjat. El morter o formigó que hagi iniciat el forjat s'ha de rebutjar i no es pot reutilitzar.
- En dosificar els components del formigó de rebliment s'ha de considerar l'absorció de les peces de la fàbrica i de les juntures de morter, que poden reduir el seu contingut d'aigua.
- El formigó ha de tenir prou docilitat per reblir completament els buits en què es vessi i sense segregació.

---

Document bàsic SE-F Fàbrica

---

- 5 Al morter no s'han d'afegir aglomerants, àrids, additius ni aigua després de la seva pastada.
- 6 Quan s'estableixi la determinació mitjançant assajos de la resistència del morter, s'ha d'usar la UNE EN 1015-11:2000.
- 7 Abans de reblir de formigó la cambra d'un mur armat, s'ha de netejar de restes de morter i runa. El rebliment s'ha de realitzar per capes, assegurant que es massissin tots els buits i no se segregui el formigó. La seqüència de les operacions ha d'aconseguir que la fàbrica tingui la resistència necessària per suportar la pressió del formigó fresc

#### 8.4 Armadures

- 1 Les barres i les armadures de juntura de filada s'han d'emmagatzemar, doblegar i col·locar a la fàbrica sense que pateixin danys que les inutilitzin per a la seva funció (possibles erosions que causin discontinuïtats en la pel·lícula autoprotectora, ja sigui en el revestiment de resina epoxídica o en el galvanitzat).
- 2 Tota armadura s'ha d'examinar superficialment abans de col·locar-la, i s'ha de comprovar que estigui lliure de substàncies perjudicials que puguin afectar l'acer, el formigó, el morter o l'adherència entre aquests.
- 3 S'han d'evitar els danys mecànics, trencament en les soldadures de les armadures de juntura de filada, i dipòsits superficials que afectin l'adherència.
- 4 S'han d'utilitzar separadors i estreps quan siguin necessaris per mantenir les armadures en la seva posició amb el recobriments especificat.
- 5 Quan sigui necessari, s'ha de lligar l'armadura amb filferro per assegurar que no es mogui mentre s'hi aboca el morter o el formigó de rebliment.
- 6 Les armadures s'han de cavalcar només on ho permeti la direcció facultativa, bé de manera expressa o per referència a indicacions reflectides en plans.
- 7 En murs amb pilastres armades, l'armadura principal s'ha de fixar amb prou antelació per executar la fàbrica sense dificultat. Els buits de fàbrica en què s'inclou l'armadura s'han d'anar reblint amb morter o formigó en aixecar-se la fàbrica.

#### 8.5 Protecció de fàbriques en execució

- 1 Les fàbriques acabades de construir s'han de protegir contra danys físics (per exemple, col·lisions) i contra accions climàtiques.
- 2 El coronament dels murs s'ha de cobrir per impedir el rentatge del morter de les juntures per efecte de la pluja i evitar eflorències, escantells per calçobres i danys en els materials higroscòpics.
- 3 S'han de prendre precaucions per mantenir la humitat de la fàbrica fins al final del forjat, especialment en condicions desfavorables, com ara una humitat relativa baixa, altes temperatures o forts corrents d'aire.
- 4 S'han de prendre precaucions per evitar danys a la fàbrica acabada de construir per efecte de les gelades.
- 5 Si fos necessari, els murs que quedin temporalment sense travar i sense càrrega estabilitzant però que puguin estar sotmesos a càrregues de vent o d'execució, s'hi col·locarà provisionalment un estampidor, per mantenir-ne l'estabilitat.
- 6 S'ha de limitar l'altura de la fàbrica que s'executi en un dia per evitar inestabilitats i incidents mentre el morter està fresc. Per determinar el límit adequat s'han de tenir en el gruix del mur, el tipus de morter, la forma i densitat de les peces i el grau d'exposició al vent.

## 9 Manteniment

- 1 El pla de manteniment estableix les revisions a què ha de sotmetre l'edifici durant el seu període de servei.
- 2 Després de la revisió s'ha d'establir la importància de les alteracions que s'hi han trobat, tant des del punt de vista de la seva estabilitat com de l'aptitud de servei.
- 3 Les alteracions que produeixen una pèrdua de durabilitat requereixen una intervenció per evitar que degenerin en alteracions que afecten l'estabilitat.
- 4 Després de la revisió s'ha de determinar el procediment d'intervenció a seguir, bé sigui una anàlisi estructural, una presa de mostres i els assajos o proves de càrrega que siguin necessaris, així com els càlculs oportuns.
- 5 En el projecte s'ha de preveure l'accés a les zones que es considerin més exposades al deteriorament, tant per agents exteriors, com pel propi ús de l'edifici (zones humides), i en funció de l'adequació de la solució projectada (cambres ventilades, barreres antihumitat, barreres anticondensació).
- 6 S'ha de condicionar l'ús de materials restringits, segons el capítol 4 d'aquest DB, al projecte de mitjans de protecció, amb expressió explícita del programa de conservació i manteniment corresponent.
- 7 Les fàbriques amb armadures de juntura de filada, que incloguin tractaments d'autoprotecció s'han de revisar almenys cada 10 anys. S'han de substituir o renovar els acabats protectors que pel seu estat hagin perdut l'eficàcia.
- 8 En cas que es duguin a terme treballs de neteja, s'ha d'analitzar l'efecte que puguin tenir els productes aplicats sobre els diversos materials que constitueixen el mur i sobre el sistema de protecció de les armadures si s'escau.

## Annex A. Terminologia

- 1 Fàbriques.
  - a) Fàbrica: Conjunt travat de peces assentades amb morter.
  - b) Fàbrica armada: Fàbrica en què es col·loquen barres o malles, generalment d'acer, amarades en morter o formigó, de manera que tots els materials treballin en conjunt.
  - c) Fàbrica pretesada: Fàbrica en què s'han generat intencionalment tensions de compressió mitjançant el tesatge de tensors.
  - d) Fàbrica confinada: Fàbrica envoltada als quatre costats per pilars i bigues de formigó armat o de fàbrica armada (no projectats perquè treballin com a pòrtics resistents a la flexió).
  - e) Aparells de la fàbrica: Disposició regular de les peces travades perquè treballin conjuntament.
- 2 Resistències de la fàbrica.
  - a) Resistència característica de la fàbrica: el valor corresponent al fractil 5% de tots els mesuraments efectuats de la fàbrica.
  - b) Resistència a la compressió de la fàbrica: Resistència a la compressió sense tenir en compte els efectes de les coaccions de sustentació, esveltesa o excentricitat de càrregues.
  - c) Resistència normalitzada a la compressió,  $f_b$ : Resistència a la compressió de les peces per a fàbriques, que s'especifica com a tal en el projecte, i que serveix de referència per deduir la resta de característiques mecàniques i resistents que intervenen en el càlcul de la secció total bruta.
  - d) Resistència al tall de la fàbrica: Resistència de la fàbrica sotmesa a un esforç tallant.
  - e) Resistència a la flexió de la fàbrica: Resistència de la fàbrica a la flexió pura.
  - f) Resistència de l'ancoratge per adherència: La resistència de l'adherència per unitat de superfície entre l'armadura i el formigó o el morter, quan l'armadura està sotmesa a esforç de tracció o compressió.
- 3 Peces de fàbrica.
  - a) Peça de fàbrica: Component conformat, per utilitzar-se en la construcció de fàbriques.
  - b) Peces massisses, perforades, alleugerides o buides: Designació de les peces de fàbrica, segons el percentatge, mida i orientació dels seus buits.
  - c) Taula: Cara superior o inferior d'una peça de fàbrica col·locada en posició.
  - d) Rebaix: Enfondiment conformat durant la fabricació, en una o les dues taules de la peça.
  - e) Buit: Buit conformat en una peça que pot o no travessar-la completament.
  - f) Nansa: Buit conformat en una peça per facilitar-ne el maneig i permetre aixecar-la amb les mans o amb utillatge.
  - g) Envanet: Material entre buits d'una peça.
  - h) Paret: Material perimetral entre una cara d'una peça i un buit.
  - i) Àrea bruta: Àrea de la secció de la peça sense descomptar l'àrea dels buits, nanses i rebaixos.
  - j) Resistència a la compressió de peces de fàbrica: Resistència mitjana a la compressió.
  - k) Resistència normalitzada a la compressió de peces de fàbrica: Resistència a la compressió de les peces de fàbrica per assimilació a la resistència a la compressió d'una peça equivalent assecada a l'aire, de 100 mm d'amplada X 100 mm d'altura.
  - l) Resistència característica a la compressió de peces de fàbrica: Resistència a la compressió corresponent al fractil 5% de la resistència.



## Document bàsic SE-F Fàbrica

- 
- 4 Morters.
- a) Morter: Barreja de conglomerants inorgànics, àrids i aigua, i, si s'escau, addicions i additius.
  - b) Morter ordinari: Morter per a les juntures d'un gruix superior a 3 mm, i en l'elaboració del qual s'utilitzen només àrids ordinaris.
  - c) Morter de junta prima: Morter per dosificació per a juntures d'un gruix entre 1 mm i 3 mm.
  - d) Morter lleuger: Morter per dosificació la densitat del qual en dessecació sigui inferior a 1.500 kg/m<sup>3</sup>.
  - e) Morter per resistència: Morter elaborat de manera que en els assajos compleixi les propietats establertes.
  - f) Morter per dosificació: Morter elaborat amb una dosificació establerta, les propietats del qual se suposen lligades a aquesta.
  - g) Morter preparat: Morter dosificat i pastat a la factoria, i servit a l'obra.
  - h) Morter sec: Constituents secs del morter amb la dosificació i condicions exigides barrejats a la factoria, que es pasten a l'obra.
  - i) Morter d'obra: Els seus components es dosifiquen i es pasten a l'obra.
  - j) Resistència a la compressió del morter: Resistència mitjana a la compressió de provetes de morter assajades després de 28 dies de curació.
- 5 Formigó de rebliment.
- a) Formigó de rebliment: Formigó amb la consistència i la mida de l'àrid adequats per reblir cambres o buits de la fàbrica.
- 6 Armadures.
- a) Acer d'armar: Acer per a armadures d'ús a les fàbriques.
  - b) Armadura de junta de filada: Armadura d'acer prefabricada per a la seva col·locació a les juntures de filada.
  - c) Acer per pretesar: Acer per a filferros, barres, torçals, cordons o cables, d'ús a les fàbriques.
- 7 Components auxiliars.
- a) Barrera antihumitat: Làmina impermeabilitzant, peces de fàbrica o un altre material que es col·loca a les fàbriques per impedir el pas de l'aigua.
  - b) Falca: Dispositiu que enllaça un full d'un mur de maó a la caputxina amb un altre a través de la cambra, o amb un entramat, o amb un mur d'extradós.
  - c) Ancoratge: Dispositiu que enllaça elements de fàbrica amb altres elements contigus, com terres i cobertes.
- 8 Juntures.
- a) Junta de filada: Junta de morter entre les taules de les peces de fàbrica.
  - b) Junta vertical: Junta de morter perpendicular a la junta de filada i a la cara del mur.
  - c) Sutura: Junta de morter vertical en el gruix del mur, paral·lela a la seva cara.
  - d) Junta fina: Junta de morter fi, amb un gruix màxim de 3 mm.
  - e) Junta de moviment: Junta que permet el lliure moviment en el pla del mur.
  - f) Passar juntes: Procés d'acabat de la junta de morter durant la construcció.
  - g) Rejuntat: Procés de rascada, rebliment i acabament de la junta de morter.
- 9 Tipus de murs.
- a) Mur de càrrega: Mur projectat per suportar altres càrregues a més del seu propi pes.
  - b) Mur d'un full: Mur sense cambra ni sutura contínua.

---

Document bàsic SE-F Fàbrica

---

- c) Mur de maó a la caputxina: Mur compost per dos fulls paral·lels, eficaçment enllaçats per falques o armadures de juntura de filada sense capacitat per transmetre esforç tallant, amb un full o els dos fulls suportant càrregues verticals.
  - d) Mur doblat: Mur compost per dos fulls paral·lels, enllaçats entre si mitjançant connectors o armadures de juntura de filada capaços de transmetre l'esforç tallant que es generi entre els dos fulls, de manera que treballin solidàriament.
  - e) Mur reblit: Mur compost per dos fulls paral·lels, separats almenys 50 mm, enllaçats amb falques o armadures de juntura de filada, amb la cambra reblida de formigó, de manera que treballin solidàriament.
  - f) Mur carejat: Mur amb peces de cara vista travades amb peces d'extradós, de manera que treballin solidàriament.
  - g) Mur de juntura de filada buida: Mur en què les peces s'assenten a les vores exteriors de les taules, amb junteres de filada buides de dues bandes de morter ordinari.
  - h) Mur de revestiment: Mur que revesteix exteriorment sense trava un altre mur, o un entramat, i no contribueix a la seva resistència.
  - i) Mur sense càrrega: Mur no resistent l'eliminació del qual no perjudica la integritat de la resta de l'edifici.
- 10 Diversos.
- a) Regata: Estria oberta a la fàbrica.
  - b) Rebaix: Enfondiment aparellat en una cara del mur.
  - c) Beurada: Barreja fluida de ciment, aigua i sorra per reblir buits petits.

## Annex B. Notació i unitats

### B.1 Notació

A	àrea d'un mur,
$A_b$	àrea d'un suport,
$A_{ef}$	àrea eficaç d'un mur,
$A_m$	àrea d'una fàbrica,
$A_s$	àrea d'una armadura de tracció,
$A_{sw}$	àrea d'una armadura transversal,
a	reculada de l'entrebigat, distància des de la vora d'agafada fins a la vora del mur,
$a_v$	distància des de la cara d'un pilar fins a la càrrega principal d'una biga,
b	amplada de la secció,
$b_c$	amplada de la cara a compressió d'un element a mitja distància entre dues sustentacions,
$b_{ef}$	amplada eficaç d'un element amb ales,
$b_s$	distància entre eixos de bandes de morter en un mur de juntura de filada buida,
d	fletxa d'un arc amb acció lateral, cantell útil d'una secció,
E	mòdul d'elasticitat,
$E_s$	mòdul d'elasticitat de l'acer d'armar,
e	excentricitat,
$e_a$	excentricitat accidental,
$e_m$	excentricitat deguda a les càrregues,
$F_c$	esforç de compressió de càlcul per la flexió d'un element,
$F_s$	esforç de tracció de càlcul en l'acer,
$F_t$	resistència característica a la compressió o tracció d'una falca de mur,
f	resistència a la compressió de la fàbrica,
$f_b$	resistència normalitzada a la compressió d'una peça de fàbrica,
$f_{bo}$	resistència d'ancoratge per adherència d'una armadura,
$f_{bok}$	resistència característica d'ancoratge per adherència d'una armadura,
$f_c$	resistència a la compressió del formigó de reblliment,
$f_{ck}$	resistència característica a la compressió del formigó de reblliment,
$f_{cv}$	resistència al tall del formigó de reblliment,
$f_{cvk}$	resistència característica al tall del formigó de reblliment,
$f_d$	resistència de càlcul a la compressió de la fàbrica,
$f_k$	resistència característica a la compressió de la fàbrica,
$f_m$	resistència mitjana a la compressió del morter,
$f_p$	resistència a la tracció de l'acer de pretesar,
$f_v$	resistència al tall de la fàbrica,
$f_{vd}$	resistència de càlcul al tall de la fàbrica,
$f_{vk}$	resistència característica al tall de la fàbrica,
$f_{vko}$	resistència característica al tall de la fàbrica amb compressió nul·la,
$f_{xd}$	resistència de càlcul a la flexió de la fàbrica,
$f_{xk}$	resistència característica a la flexió de la fàbrica
$f_{yk}$	resistència característica a la tracció de l'acer d'armar,
$f_y$	límit elàstic de l'acer d'armar,
$f_{yd}$	límit característic de l'acer d'armar,
G	mòdul d'elasticitat transversal,
g	amplada total de les bandes de morter en el mur de juntura de filada buida,
h	altura lliure d'un mur, altura al nivell d'una càrrega puntual,
$h_d$	altura de càlcul d'un mur,
$h_m$	cantell total d'una secció,
$h_{tot}$	altura total d'un edifici,
I	moment d'inèrcia de l'àrea d'un element
K	constant relativa a la resistència característica a la compressió de la fàbrica,
k	relació de la rigidesa d'un forjat a la d'un mur,
L	longitud d'un mur entre suports o entre un suport i una vora lliure,
$l_b$	longitud d'ancoratge d'una armadura d'acer,

## Document bàsic SE-F Fàbrica

$L_d$	longitud de càlcul d'un mur o un altre element,
$M_{Rd}$	moment flector resistent de càlcul d'un mur,
$M_{SD}$	moment flector de càlcul,
$N_{Rd}$	esforç vertical resistent de càlcul d'un mur,
$N_{Sd}$	esforç vertical de càlcul d'un mur,
$q_{Rd}$	resistència lateral de càlcul per unitat de longitud del mur,
$s$	separació entre armadures transversals,
$t$	gruix d'un mur o d'un full,
$t_d$	gruix de càlcul d'un mur,
$t_f$	gruix d'una ala,
$u_m$	altura d'una peça de fàbrica,
$V_{Rd}$	esforç tallant resistent de càlcul de la fàbrica,
$V_{Sd}$	esforç tallant de càlcul,
$x$	profunditat de la zona comprimida d'un element,
$z$	braç de palanca d'un element de fàbrica armada a flexió,
$Z$	mòdul resistent aparent d'una secció,
$\alpha$	angle de l'armadura transversal amb l'eix,
$\delta$	factor que considera l'altura i l'amplada de les peces de la fàbrica,
$\varepsilon$	dilatació,
$\varepsilon_{\infty}$	dilatació final per fluència,
$\varepsilon_{el}$	dilatació elàstica,
$\varepsilon_m$	deformació unitària a la fàbrica,
$\varepsilon_s$	deformació unitària a l'acer d'armar,
$\varepsilon_{uk}$	valor característic de la deformació unitària a l'acer d'armar a la màxima tensió de tracció,
$\varphi_{\infty}$	coeficient final de fluència,
$\mu$	relació ortogonal de resistències a flexió,
$\sigma$	tensió normal,
$\sigma_{\delta}$	tensió de compressió vertical de càlcul,
$\sigma_{\delta\pi}$	tensió permanent vertical,
$\gamma_M$	coeficient parcial de seguretat per a propietats dels materials,
$\gamma_S$	coeficient parcial de seguretat de l'acer,
$\emptyset$	diàmetre de l'armadura.

**B.2 Unitats**

- 1 S'utilitza el sistema internacional d'unitats de mesura, SI.
- 2 Per als càlculs es recomana l'ús de les unitats següents:
  - forces i càrregues:      kN, kN/m, kN/m<sup>2</sup>
  - massa:                      kg
  - longitud:                    m, mm
  - tensions:                    N/mm<sup>2</sup>
  - moments:                   kN · m
- 3 A efectes pràctics es pot considerar la correspondència següent entre les unitats de força dels sistemes MKS i SI: 1 kilopond [1 kp] = 10 Newton [10 N]

## Annex C. Valors de resistència característica a la compressió

- 1 La resistència característica a la compressió,  $f_k$ , en N/mm<sup>2</sup>, d'una fàbrica realitzada amb morter ordinari amb juntures esteses a tot el gruix, es pot calcular amb l'equació:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25} \quad (C.1)$$

en què  $f_m$  no és superior a 20 N/mm<sup>2</sup>, ni a 2  $f_b$ ,

on

K és una constant, de valor:

- a) en murs d'un full, quan el gruix de la fàbrica sigui igual al través o a la soga de les peces K=0,60 per a peces massisses, K=0,55 per a peces perforades, K=0,50 per a les alleugerides i K=0,40 per a les buides.
- b) en murs de dos fulls o amb sutures contínues, K=0,50 per a peces massisses, K=0,45 per a les perforades i K=0,40 per a les alleugerides.

$f_b$  és la resistència normalitzada a la compressió de les peces de fàbrica, en la direcció de l'esforç, en N/mm<sup>2</sup>

$f_m$  és la resistència a la compressió especificada del morter ordinari en N/mm<sup>2</sup>, no superior a 20 N/mm<sup>2</sup>, ni a  $f_b$

- 2 Resistència característica a la compressió d'una fàbrica amb morter de juntura prima.

- a) La resistència característica a la compressió,  $f_k$ , d'una fàbrica de peces massisses, silicocalcàries o de formigó cel·lular d'autoclau, amb morter de juntura prima, es pot calcular amb l'equació C.2:

$$f_k = 0,8 \cdot f_b^{0,85} \quad (C.2)$$

sempre que les peces de fàbrica tinguin toleràncies dimensionals idònies per al seu ús amb juntures primes; la resistència normalitzada a la compressió de les peces de fàbrica,  $f_b$ , no es prengui superior a 5 N/mm<sup>2</sup>; la resistència a compressió del morter sigui igual o superior a 5 N/mm<sup>2</sup>; el gruix del mur sigui igual a la soga o través de les peces i no hi hagi discontinuïtats contingudes en el gruix.

- b) La resistència característica a la compressió d'una fàbrica amb morter de juntura prima i peces diferents de les anteriors (modelades o rectificades per acceptar aquesta mida de juntura) es pot calcular amb l'equació C.1, sempre que es compleixin els requisits indicats en el cas a), en què K=0,70 és per a peces massisses, K=0,60 per a les perforades i K=0,50 per a les alleugerides.

- 3 La resistència característica,  $f_k$ , en N/mm<sup>2</sup> a compressió d'una fàbrica amb morter lleuger, si les peces són massisses, perforades o buides i les juntures són plenes, es pot prendre igual a:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,85} \quad (C.3)$$

sempre que  $f_b$  no es consideri superior a 15 N/mm<sup>2</sup>, que el gruix del mur sigui igual a la soga o al través de les peces i no hi hagi discontinuïtats verticals en tota la longitud o part de la longitud del mur, on:

- K = 0,80 amb morter lleuger de densitat de 600 a 1 500 kg/m<sup>3</sup> i peces de formigó d'àrid lleuger, segons la norma EN 771-3, o peces de formigó cel·lular d'autoclau, segons la norma UNE EN 771-4:2000.

- K=0,55 amb morter lleuger de densitat de 600 a 700 kg/m<sup>3</sup> i peces d'argila segons la norma EN 771-1, peces silicocalcàries segons la norma UNE EN 771-2:2000 o peces de formigó d'àrid ordinari segons la norma EN 771-3.

- NOTA. El valor de K inclou la influència de la resistència del morter sobre la resistència característica a la compressió de la fàbrica.

## Document bàsic SE-F Fàbrica

- 4 La resistència característica a la compressió d'una fàbrica amb junteres verticals en sec es pot obtenir amb les formules C.1, C.2 i C.3, sempre que la resistència a tallant es dedueixi de l'aplicació de l'equació 4.2 i es considerin la totalitat de les accions horitzontals que es puguin aplicar a la fàbrica.
- 5 Resistència característica a compressió d'una fàbrica amb junteres de filada buides.
- a) La resistència característica a la compressió d'una fàbrica d'aquest tipus, amb peces massisses, assentades sobre dues bandes iguals de morter ordinari en les vores exteriors de la taula de les peces, s'obté amb l'equació C.1, i les limitacions donades amb aquesta, si l'amplada de cada banda de morter no és inferior a 30 mm; el gruix de la fàbrica és igual a la soga o través de les peces de fàbrica, i no hi ha discontinuïtats verticals (sutures) en tot el gruix del mur.
- b) El valor de K és
- $$K = 1,1 - b_s / t$$
- on:
- $b_s$  distància entre eixos de les bandes de morter
- $t$  gruix del mur
- c) La resistència característica a la compressió de fàbriques amb junteres de filada buides, amb peces perforades o alleugerides, s'obté mitjançant l'equació C.1, a partir de la resistència normalitzada a la compressió  $f_b$  de la peça, obtinguda en assajos segons la norma EN 772-1, realitzats sobre peces preparades amb bandes de morter no més amples que les que s'utilitzaran a la fàbrica. La resistència de la peça es refereix a l'àrea bruta, no a l'àrea de les bandes.

## Annex D. Determinació del factor $\Phi$ a mitja altura d'un mur

1 El valor del coeficient  $\Phi$ , a mitja altura d'un mur s'obté a partir de l'expressió:

$$\Phi = A_1 e^{-\frac{u^2}{2}} \quad (D.1)$$

on:

$$A = 1 - 2 \frac{e_m}{t} \quad (D.2)$$

$$u = \frac{\lambda - 0,063}{0,73 - 1,17 \frac{e_m}{t}} \quad (D.3)$$

on

$$\lambda = \frac{h_d}{t_d} \sqrt{\frac{f_k}{E}} \quad (D.4)$$

on:

- e base de logaritmes neperians
- $e_m$  excentricitat per vinclament/fluència, segons 5.2.4,
- t gruix del mur,
- $h_d$  altura eficaç del mur, segons 5.2.5,
- $t_d$  gruix eficaç del mur, segons 5.2.6,
- $f_k$  resistència característica de la fàbrica,
- E mòdul d'elasticitat de la fàbrica.

## Annex E. Determinació de l'altura de càlcul d'un mur

1 L'altura de càlcul  $h_d$  d'un mur es pot considerar igual a:

$$h_d = \rho_v h \quad (\text{E.1})$$

on:

$h$  altura lliure de pis,

$\rho_v$  factor de reducció dependent del nombre  $n$  de vores travades, de valor:

i) Per a un mur travat només al cap i peu, en general,  $\rho_2 = 1,0$ . Si es trava mitjançant forjats de formigó armat amb una agafada d'almenys  $2t/3$  i 85 mm, i l'excentricitat de la compressió al cap és inferior a 0,25  $t$ , es pot prendre  $\rho_2 = 0,75$ .

ii) Un mur, de gruix  $t$ , travat en una sola vora vertical, amb  $L \geq 15 t$ , o en les dues vores verticals amb  $L \geq 30 t$ , s'ha de tractar com un mur travat només al cap i peu.

iii) En els murs travats al cap i peu, i en una vora vertical (amb l'altra vora lliure), el valor de  $\rho_3$  es pot prendre de les equacions (E.2) i (E.3):

a) per a  $h \leq 3,5L$

$$\rho_3 = \frac{1}{1 + \left[ \frac{\rho_2 h}{3L} \right]^2} \rho_2 \quad (\text{E.2})$$

b) per a  $h > 3,5L$

$$\rho_3 = 1,5 \frac{L}{h} \quad (\text{E.3})$$

on:

$h$  l'altura lliure del mur

$L$  la longitud del mur

iv) En els murs travats a les quatre vores, el valor de  $\rho_4$  es pot prendre de les equacions (E.4) i (E.5)

a) per a  $h \leq 1,15L$

$$\rho_4 = \frac{1}{1 + \left[ \frac{\rho_2 h}{L} \right]^2} \rho_2 \quad (\text{E.4})$$

b) per a  $h > 1,15L$

$$\rho_4 = 0,5 \frac{L}{h} \quad (\text{E.5})$$

v) Per a un mur lliure al cap  $\rho_1 = 2,0$ . Si està travat en alguna vora vertical, el valor de  $\rho$  ha de ser el doble de l'establert en les equacions (E.2) a (E.5), segons correspon, per a  $\rho_2 = 1,00$ .



## Annex F. Càlcul del factor d'increment $\xi$ per a càrregues concentrades

- 1 El factor d'increment  $\xi$  per a càrregues concentrades s'obté de l'expressió:

$$\xi = \left(1 + 0,15x\right) \left(1,5 - 1,1 \frac{A_b}{A_{ef}}\right) \geq 1 \quad (\text{F.1})$$

on:

$$x = 2a_1/H < 1$$

$a_1$  distància de la vora de l'àrea carregada a la vora més pròxima del mur (figura 5.7),

$H$  altura del mur fins al nivell en què s'aplica la càrrega,

$A_b$  àrea carregada, no superior a  $0,45A_{ef}$ ,

$A_{ef}$  àrea eficaç del mur ( $A_{ef} = L_{ef}t$ ),

$L_d$  longitud de càlcul limitada per una distribució de càrrega a  $60^\circ$  a mitja altura del mur, no superior a  $2,2A_b/t$ ,

$t$  gruix del mur, tenint en compte els enfondiments si són superiors a 5 mm.

- 2 El valor superior de  $\xi$  ha de ser el menor de  $1,25 + \frac{a_1}{2h_c}$  o 1,5.

## Annex G. Coeficients de flexió

- 1 En les taules G.1 a G.5 es donen els coeficients de flexió  $\alpha$  per a diferents casos de suport, segons les condicions expressades a la figura G.1.

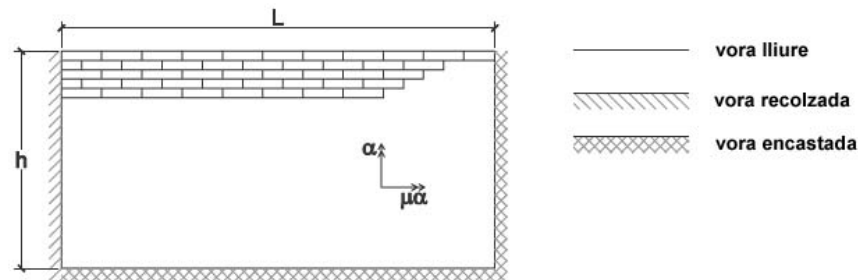


Figura G.1. Condicions de suport de murs sotmesos a accions laterals

Taula G.1 (D)

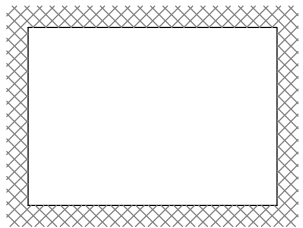
$\mu$	h/L							
	0,3	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2
<b>1</b>	0,013	0,021	0,029	0,035	0,040	0,043	0,045	0,047
<b>0,9</b>	0,014	0,022	0,031	0,036	0,040	0,043	0,046	0,048
<b>0,8</b>	0,015	0,023	0,032	0,038	0,041	0,044	0,047	0,048
<b>0,7</b>	0,016	0,025	0,033	0,039	0,043	0,045	0,047	0,049
<b>0,6</b>	0,017	0,026	0,035	0,040	0,044	0,046	0,048	0,050
<b>0,5</b>	0,018	0,028	0,037	0,042	0,045	0,048	0,050	0,051
<b>0,4</b>	0,020	0,031	0,039	0,043	0,047	0,049	0,051	0,052
<b>0,35</b>	0,022	0,032	0,040	0,044	0,048	0,050	0,051	0,053
<b>0,3</b>	0,023	0,034	0,041	0,046	0,049	0,051	0,052	0,053
<b>0,25</b>	0,025	0,035	0,043	0,047	0,050	0,052	0,053	0,054
<b>0,2</b>	0,027	0,038	0,044	0,048	0,051	0,053	0,054	0,055
<b>0,15</b>	0,030	0,040	0,046	0,050	0,052	0,054	0,055	0,056
<b>0,1</b>	0,034	0,043	0,049	0,052	0,054	0,055	0,056	0,057
<b>0,05</b>	0,041	0,048	0,053	0,056	0,056	0,057	0,058	0,059

Taula G.2 (H)

$\mu$	h/L							
	0,3	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2
<b>1</b>	0,005	0,011	0,018	0,024	0,029	0,033	0,036	0,039
<b>0,9</b>	0,006	0,012	0,019	0,025	0,030	0,034	0,037	0,040
<b>0,8</b>	0,006	0,013	0,020	0,027	0,032	0,035	0,038	0,041
<b>0,7</b>	0,007	0,014	0,022	0,028	0,033	0,037	0,040	0,042
<b>0,6</b>	0,008	0,015	0,024	0,030	0,035	0,038	0,041	0,043
<b>0,5</b>	0,009	0,017	0,025	0,032	0,036	0,040	0,043	0,045
<b>0,4</b>	0,010	0,019	0,028	0,034	0,039	0,042	0,045	0,047
<b>0,35</b>	0,011	0,021	0,029	0,036	0,040	0,043	0,046	0,047
<b>0,3</b>	0,013	0,022	0,031	0,037	0,041	0,044	0,047	0,049
<b>0,25</b>	0,014	0,024	0,033	0,039	0,043	0,046	0,048	0,051
<b>0,2</b>	0,016	0,027	0,035	0,041	0,045	0,047	0,049	0,052
<b>0,15</b>	0,019	0,030	0,038	0,043	0,047	0,049	0,051	0,053
<b>0,1</b>	0,023	0,034	0,042	0,047	0,050	0,052	0,053	0,054
<b>0,05</b>	0,031	0,041	0,047	0,051	0,053	0,055	0,056	0,056


## Document bàsic SE-F Fàbrica

Taula G.3 (I)



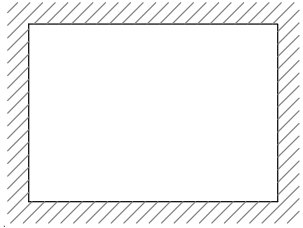
$\mu$	h/L							
	0,3	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2
1	0,004	0,009	0,015	0,021	0,026	0,030	0,033	0,036
0,9	0,004	0,010	0,016	0,022	0,027	0,031	0,034	0,037
0,8	0,005	0,010	0,017	0,023	0,028	0,032	0,035	0,038
0,7	0,005	0,011	0,019	0,025	0,030	0,033	0,037	0,039
0,6	0,006	0,013	0,020	0,026	0,031	0,035	0,038	0,041
0,5	0,007	0,014	0,022	0,028	0,033	0,037	0,040	0,042
0,4	0,008	0,016	0,024	0,031	0,035	0,039	0,042	0,044
0,35	0,009	0,017	0,026	0,032	0,037	0,040	0,043	0,045
0,3	0,010	0,019	0,028	0,034	0,038	0,042	0,044	0,046
0,25	0,011	0,021	0,030	0,036	0,040	0,043	0,046	0,048
0,2	0,013	0,023	0,032	0,038	0,042	0,045	0,047	0,050
0,15	0,016	0,026	0,035	0,041	0,044	0,047	0,049	0,051
0,1	0,020	0,031	0,039	0,044	0,047	0,050	0,052	0,054
0,05	0,027	0,038	0,045	0,049	0,052	0,053	0,055	0,056

Taula G.4 (A)



$\mu$	h/L							
	0,3	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2
1	0,031	0,045	0,059	0,071	0,079	0,085	0,090	0,094
0,9	0,032	0,047	0,061	0,073	0,081	0,087	0,092	0,095
0,8	0,034	0,049	0,064	0,075	0,083	0,089	0,093	0,097
0,7	0,035	0,051	0,066	0,077	0,085	0,091	0,095	0,098
0,6	0,038	0,053	0,069	0,080	0,088	0,093	0,097	0,100
0,5	0,040	0,056	0,073	0,083	0,090	0,095	0,099	0,102
0,4	0,043	0,061	0,077	0,087	0,093	0,098	0,101	0,104
0,35	0,045	0,064	0,080	0,089	0,095	0,100	0,103	0,105
0,3	0,048	0,067	0,082	0,091	0,097	0,101	0,104	0,107
0,25	0,050	0,071	0,085	0,094	0,099	0,103	0,106	0,109
0,2	0,054	0,075	0,089	0,097	0,102	0,105	0,108	0,111
0,15	0,060	0,080	0,093	0,100	0,104	0,108	0,110	0,113
0,1	0,069	0,087	0,098	0,104	0,108	0,111	0,113	0,115
0,05	0,082	0,097	0,105	0,110	0,113	0,115	0,116	0,117

Taula G.5 (E)



$\mu$	h/L							
	0,3	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2
1	0,008	0,018	0,030	0,042	0,051	0,059	0,066	0,071
0,9	0,009	0,019	0,032	0,044	0,054	0,062	0,068	0,074
0,8	0,010	0,021	0,035	0,046	0,056	0,064	0,071	0,076
0,7	0,011	0,023	0,037	0,049	0,059	0,067	0,073	0,078
0,6	0,012	0,025	0,040	0,053	0,062	0,070	0,076	0,081
0,5	0,014	0,028	0,044	0,057	0,066	0,074	0,080	0,085
0,4	0,017	0,032	0,049	0,062	0,071	0,078	0,084	0,088
0,35	0,018	0,035	0,052	0,064	0,074	0,081	0,086	0,090
0,3	0,020	0,038	0,055	0,068	0,077	0,083	0,089	0,093
0,25	0,023	0,042	0,059	0,071	0,080	0,087	0,091	0,096
0,2	0,026	0,046	0,064	0,076	0,084	0,090	0,095	0,099
0,15	0,032	0,053	0,070	0,081	0,089	0,094	0,098	0,103
0,1	0,039	0,062	0,078	0,088	0,095	0,100	0,103	0,106
0,05	0,054	0,076	0,090	0,098	0,103	0,107	0,109	0,110

## Annex H. Normes de referència

El títol de les normes UNE esmentades al text o utilitzables per a assajos és el següent:

UNE EN 771-1:2003	Especificacions de peces per a fàbrica d'obra. Part 1: Peces d'argila cuita.
UNE EN 771-2:2000	Especificació de peces per a fàbrica d'obra. Part 2: Peces silicocalcàries.
EN 771-3:2003	Specification for masonry units - part 3: Aggregate concrete masonry units (Donin-se and light-weight aggregates)
UNE EN 771-4:2000	Especificacions de peces per a fàbrica d'obra. Part 4: Blocs de formigó cel·lular curat en autoclau.
UNE EN 772-1:2002	Mètodes d'assaig de peces per a fàbrica d'obra. Part 1: Determinació de la resistència a compressió.
UNE EN 845-1:200	Especificació de components auxiliars per a fàbriques d'obra. Part 1: Falques, ancoratges, penjadors, mènsules i angles.
UNE EN 845-3:2001	Especificació de components auxiliars per a fàbriques d'obra. Part 3: Armadures de juntura de filada prefabricades de malla d'acer.
UNE EN 846-2:2001	Mètodes d'assaig de components auxiliars per a fàbriques d'obra. Part 2: Determinació de l'adhesió de les armadures de juntura de filada prefabricades en juntures de morter.
UNE EN 846-5 :2001	Mètodes d'assaig de components auxiliars per a fàbriques d'obra. Part 5: Determinació de la resistència a la tracció i a la compressió i les característiques de càrrega-desplaçament de les falques (assaig entre dos elements).
UNE EN 846-6:2001	Mètodes d'assaig de components auxiliars per a fàbriques d'obra. Part 6: Determinació de la resistència a la tracció i a la compressió i les característiques de càrrega-desplaçament de les falques (assaig sobre un sol extrem).
UNE EN 998-2:2002	Especificacions dels morters per a obra. Part 2: Morters per a obra.
UNE EN 1015-11:2000	Mètodes d'assaig dels morters per a obra. Part 11: Determinació de la resistència a la flexió i a la compressió del morter endurit.
UNE EN 1052-1:1999	Mètodes d'assaig per a fàbriques d'obra. Part 1: Determinació de la resistència a la compressió.
UNE EN 1052-2:2000	Mètodes d'assaig per a fàbriques d'obra. Part 2: Determinació de la resistència a la flexió.
UNE EN 1052-3 :2003	Mètodes d'assaig per a fàbriques d'obra. Part 3: Determinació de la resistència inicial al tallant.
UNE EN 1052-4:2001	Mètodes d'assaig per a fàbrica d'obra. Part 4: Determinació de la resistència al cisallament incloent-hi escombrar a l'aigua per capil·laritat.

---

Document bàsic SE-F Fàbrica

---

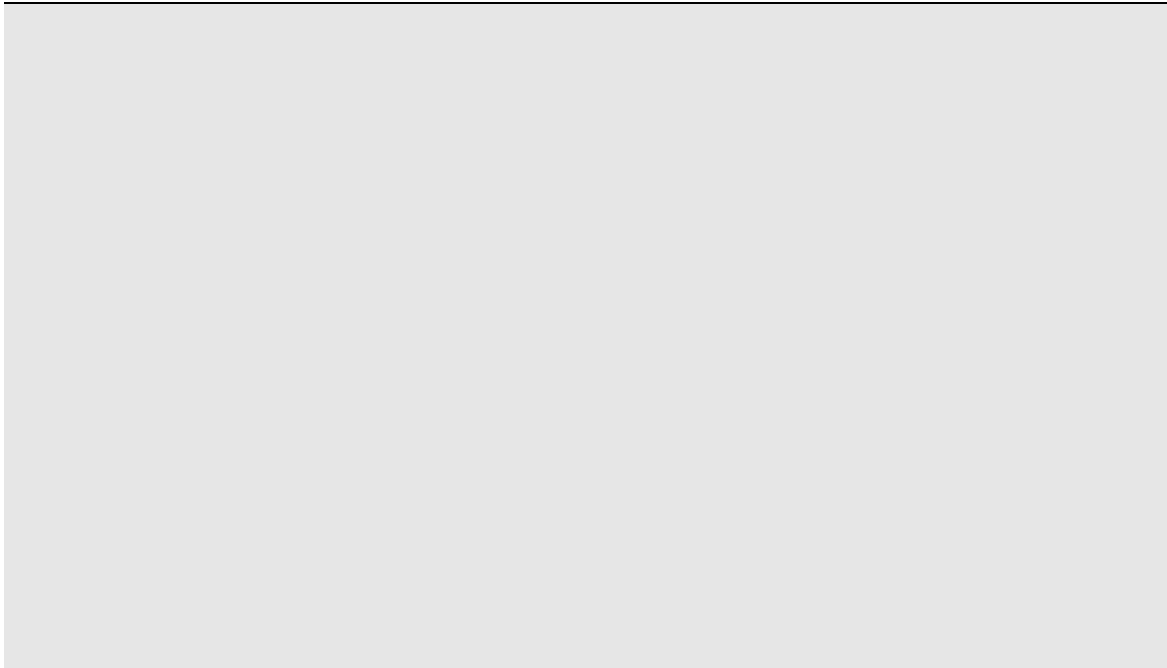
- UNE EN 10088-1:1996 Acers inoxidable. Part 1: Relació d'acers inoxidable.
- UNE EN 10088-2:1996 Acers inoxidable. Part 2: Condicions tècniques de subministrament de planxes i bandes per a ús general.
- UNE EN 10088-3:1996 Acers inoxidable. Part 3: Condicions tècniques de subministrament per a semiproductes, barres, fil de màquina i perfils per a aplicacions en general.
- UNE ENV 10080:1996 Acer per a armadures de formigó armat. Acer corrugat soldable B500. Condicions tècniques de subministrament per a barres, rotllos i malles electrosoldades.
- EN 10138-1 Acers per a pretesatge - Part 1: Requisits generals

**Document bàsic** **SE-M**

---

**Seguretat estructural**  
**Fusta**

---



# Índex

## 1 Generalitats

- 1.1 Àmbit d'aplicació i consideracions prèvies
- 1.2 Condicions particulars per al compliment del DB-SE-M

## 2 Bases de càlcul

- 2.1 Generalitats
- 2.2 Propietats dels materials

## 3 Durabilitat

- 3.1 Introducció
- 3.2 Protecció de la fusta
- 3.3 Protecció contra la corrosió dels elements metàl·lics
- 3.4 Consideracions relatives als acoblaments

## 4 Materials

- 4.1 Fusta massissa
- 4.2 Fusta laminada encolada
- 4.3 Fusta microlaminada
- 4.4 Tauler estructural
- 4.5 Adhesius
- 4.6 Acoblaments

## 5 Anàlisi estructural

- 5.1 Principis generals
- 5.2 Característiques de les barres
- 5.3 Sistemes de barres

## 6 Estats límit últims

- 6.1 Esgotament de seccions sotmeses a tensions orientades segons les direccions principals
- 6.2 Sol·licitacions combinades en secció constant
- 6.3 Estabilitat de peces
- 6.4 Esgotament de seccions en peces de cantell variable o corbes de fusta laminada encolada o microlaminada
- 6.5 Peces rebaixades
- 6.6 Peces amb forats

## 7 Estats límit de servei

- 7.1 Lliscament dels acoblaments
- 7.2 Vibracions

## 8 Acoblaments

- 8.1 Introducció
- 8.2 Principis generals del càlcul d'acoblaments
- 8.3 Acoblaments de tipus clavilla
- 8.4 Acoblaments amb connectors
- 8.5 Acoblaments tradicionals

## 9 Fatiga

- 9.1 Generalitats
-

**10 Sistemes estructurals de fusta i productes derivats**

- 10.1 Bigues mixtes
- 10.2 Recolzaments compostos
- 10.3 Gelosies
- 10.4 Diafragmes
- 10.5 Travades

**11 Execució**

- 11.1 Principis generals

**12 Toleràncies**

- 12.1 Principis generals
- 12.2 Elements estructurals
- 12.3 Gelosies amb acoblaments de plaques dentades

**13 Control**

- 13.1 Subministrament i recepció dels productes

**Annex A. Terminologia****Annex B. Notació i unitats**

- B.1 Notació

**Annex C. Assignació de classe resistent. Fusta serrada.**

- C.1 Generalitats
- C.2 Assignació de classe resistent a partir de la qualitat de l'espècie arbòria
- C.3 Llista de normes de classificació
- C.4 Llista d'espècies arbòries

**Annex D: Assignació de classe resistent. Fusta laminada encolada**

- D.1 Generalitats
- D.2 Assignació de classe resistent mitjançant assajos
- D.3 Assignació de classe resistent mitjançant fórmules
- D.4 Correspondència entre classes resistents de fusta laminada encolada i fusta serrada

**Annex E. Valors de les propietats de resistència, rigidesa i densitat. Fusta serrada, fusta laminada encolada i taulers**

- E.1 Fusta serrada
- E.2 Fusta laminada encolada
- E.3 Taulers

**Annex F. Valors orientatius d'humitat d'equilibri de la fusta, amb ús exterior protegit de la pluja****Annex G. Longituds de vinclament**

- G.1 Introducció
- G.2 Longitud de vinclament

**Annex H (informatiu). Fallada d'acoblaments per tallant en el perímetre o en bloc**



**Annex I. Normes de referència**

## **1 Generalitats**

### **1.1 Àmbit d'aplicació i consideracions prèvies**

- 1 El camp d'aplicació d'aquest DB és el de la verificació de la seguretat dels elements estructurals de fusta en l'edificació.
- 2 La satisfacció d'altres requisits (aïllament tèrmic, acústic o resistència al foc) queda fora de l'abast d'aquest DB. Els aspectes relatius a la fabricació, muntatge, control de qualitat, conservació i manteniment es tracten en la mesura necessària per indicar les exigències que s'han de complir de conformitat amb les bases de càlcul.

### **1.2 Condicions particulars per al compliment del DB-SE-M**

- 1 L'aplicació dels procediments d'aquest DB s'ha de portar a terme d'acord amb les condicions particulars que s'hi s'estableixen, amb les condicions particulars indicades al DB-SE i amb les condicions generals per al compliment del CTE, les condicions del projecte, les condicions en l'execució de les obres i les condicions de l'edifici que apareixen als articles 5, 6, 7 i 8, respectivament, de la part I del CTE.

## 2 Bases de càlcul

### 2.1 Generalitats

- 1 En aquest apartat es desenvolupen i completen les regles, establertes amb caràcter general en SE, per al cas d'elements estructurals de fusta.

### 2.2 Propietats dels materials

#### 2.2.1 Valors característics de les propietats dels materials

##### 2.2.1.1 Criteri general

- 1 Com a valors característics de les propietats dels materials,  $X_k$ , es prenen els establerts en l'apartat corresponent del capítol 4, tenint en compte els factors correctors que s'enumeren a continuació.

##### 2.2.1.2 Factors de correcció de la resistència

- 1 Fusta massissa:

factor d'altura  $k_h$ : en peces de fusta serrada de secció rectangular, si el cantell en flexió o la dimensió més gran de la secció en tracció paral·lela és inferior a 150 mm, els valors característics  $f_{m,k}$  i  $f_{t,0,k}$  es poden multiplicar pel factor  $k_h$ .

$$k_h = (150/h)^{0,2} \leq 1,3 \quad (2.1)$$

on:

h cantell en flexió o dimensió més gran de la secció en tracció, [mm].

- 2 Fusta laminada encolada:

a) factor d'altura  $k_h$ : en peces de fusta laminada encolada de secció rectangular, si el cantell en flexió o la dimensió més gran de la secció en tracció paral·lela és inferior a 600 mm, els valors característics  $f_{m,g,k}$  i  $f_{t,0,g,k}$  es poden multiplicar pel factor  $k_h$ .

$$k_h = (600/h)^{0,1} \leq 1,1 \quad (2.2)$$

on:

h cantell en flexió o dimensió més gran de la secció en tracció, [mm].

b) factor de volum  $k_{vol}$ : quan el volum V de la zona considerada en la comprovació, segons el que es defineix en cada cas, sigui més gran que  $V_0$  ( $V_0=0,01 \text{ m}^3$ ) i estigui sotmès a esforços de tracció perpendicular a la fibra amb tensions repartides uniformement, la resistència característica a tracció perpendicular  $f_{t,90,g,k}$  s'ha de multiplicar pel  $k_{vol}$ .

$$k_{vol} = \left( \frac{V_0}{V} \right)^{0,2} \quad (2.3)$$

- 3 Fusta microlaminada:

a) factor d'altura  $k_h$ : en peces de fusta microlaminada de secció rectangular, si el cantell en flexió és diferent de 300 mm, el valor característic  $f_{m,k}$  es pot multiplicar pel factor  $k_h$ .

$$k_h = (300/h)^s \leq 1,2 \quad (2.4)$$

on:

h cantell en flexió de la secció, [mm];

s factor que ha de definir el fabricant d'acord amb la norma UNE EN 14374.

- b) factor de longitud  $k_L$ : en peces de fusta microlaminada sotmeses a tracció paral·lela, si la longitud és diferent de 3000 mm, el valor característic de la resistència a tracció paral·lela  $f_{t,0,k}$  s'ha de multiplicar pel factor  $k_L$ .

$$k_L = (3000/L)^{5/2} \leq 1,1 \quad (2.5)$$

on:

L longitud de la peça, [mm];

s factor que ha de definir el fabricant.

- c) factor de càrrega compartida  $k_{sys}$ .

Quan un conjunt d'elements estructurals a flexió similars, disposats a intervals regulars, es trobi connectat transversalment a través d'un sistema continu de distribució de càrrega, les propietats resistents característiques dels elements del conjunt es poden multiplicar per un factor denominat de càrrega compartida  $k_{sys}$ .

Sempre que el sistema de distribució de càrrega sigui capaç de transferir les càrregues d'un element a d'altres que estiguin en les seves proximitats, es pot prendre un valor de  $k_{sys} = 1,1$ .

La comprovació de resistència del sistema de distribució de la càrrega s'ha de realitzar suposant una durada curta de les accions i amb el coeficient parcial de seguretat del material  $\gamma_M$ .

En sistemes d'encavallades amb separació màxima d'1,20 m es pot suposar que els llistons, corretges o panells són eficaços per transmetre la càrrega sempre que aquests sistemes de distribució siguin continus sobre almenys dues obertures i les juntes estiguin contraplacades.

Per a pisos de lloses massisses de fusta laminada es poden utilitzar els valors de  $k_{sys}$  obtinguts a través del gràfic de la figura 2.1.

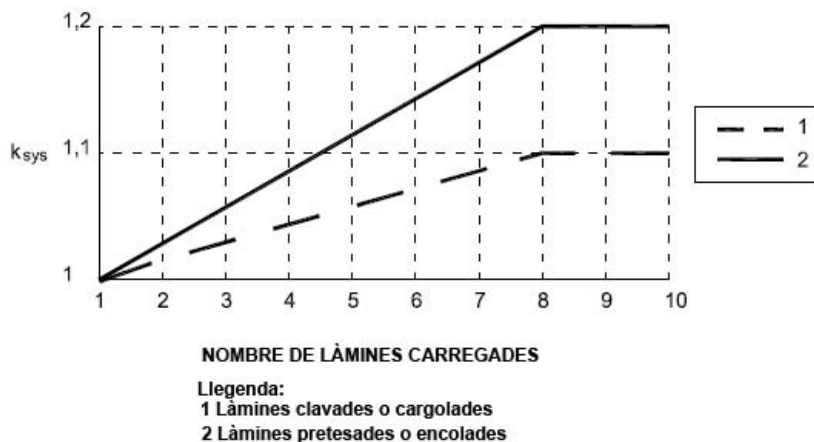


Figura 2.1 Factor  $k_{sys}$  per a lloses massisses de fusta laminada

- 3 A la taula 2.1 s'inclouen valors particularitzats per a alguns dels factors de correcció.

Taula 2.1 Factors de correcció per a fusta serrada i laminada

Factor	Aplicació	<40	70	100	≥150
<b>d'altura</b>	Fusta serrada: cantell (mm)	<40	70	100	≥150
	Factor $k_h$ de correcció de $f_{m,k}$ i $f_{t,0,k}$	1,3	1,2	1,1	1,0
	Fusta laminada: cantell (mm)	<240	300	400	≥600
	Factor $k_h$ corrector de $f_{m,g,k}$ i $f_{t,0,g,k}$	1,10	1,07	1,04	1,00
<b>de volum</b>	Fusta laminada: volum de la zona afectada (m <sup>3</sup> )	<0,010	0,015	0,020	0,030
	Factor $k_{vol}$ corrector de $f_{t,90,g,k}$	1,00	0,92	0,87	0,80

## 2.2.2 Factors que afecten el comportament estructural de la fusta

### 2.2.2.1 Classes de durada de la accions

- 1 Les accions que sol·liciten l'element considerat s'han d'assignar a una de les classes de durada de la càrrega establertes a la taula 2.2.

Taula 2.2 Classes de durada de les accions

Classe de durada	Durada aproximada acumulada de l'acció en valor característic	de Acció
<b>Permanent</b>	més de 10 anys	permanent, pes propi
<b>Llarga</b>	de 6 mesos a 10 anys	puntals o estructures provisionals no itinerants
<b>Mitjana</b>	d'una setmana a 6 mesos	sobrecàrrega d'ús; neu en localitats de > 1.000 m
<b>Curta</b>	menys d'una setmana	vent; neu en localitats de < 1.000 m
<b>Instantània</b>	alguns segons	Sisme

### 2.2.2.2 Classes de servei

- 1 Cada element estructural considerat s'ha d'assignar a una de les classes de servei definides a continuació, en funció de les condicions ambientals previstes:
  - a) classe de servei 1. Es caracteritza per un contingut d'humitat en la fusta corresponent a una temperatura de  $20 \pm 2$  °C i una humitat relativa de l'aire que només excedeixi el 65% algunes setmanes l'any.
  - b) classe de servei 2. Es caracteritza per un contingut d'humitat en la fusta corresponent a una temperatura de  $20 \pm 2$  °C i una humitat relativa de l'aire que només excedeixi el 85% algunes setmanes l'any.
  - c) classe de servei 3. Condicions ambientals que condueixin a un contingut d'humitat superior al de la classe de servei 2.
- 2 A la classe de servei 2 la humitat d'equilibri higroscòpic mitjana a la majoria de les coníferes no excedeix el 20%. En aquesta classe es troben, en general, les estructures de fusta sota coberta, però obertes i exposades a l'ambient exterior, com és el cas de coberts i viseres. Les piscines cobertes, a causa del seu ambient humit, també encaixen en aquesta classe de servei.

## 2.2.3 Valor de càlcul de les propietats del material i dels acoblaments

- 1 El valor de càlcul,  $X_d$ , d'una propietat del material (resistència) es defineix com:

$$X_d = k_{\text{mod}} \cdot \left( \frac{X_k}{\gamma_M} \right) \quad (2.6)$$

on:

$X_k$  valor característic de la propietat del material;

$\gamma_M$  coeficient parcial de seguretat per a la propietat del material definit a la taula 2.3;

$k_{\text{mod}}$  factor de modificació, els valors del qual apareixen a la taula 2.4 tenint en compte, prèviament, la classe de durada de la combinació de càrrega d'acord amb la taula 2.2 i la classe de servei de l'apartat 2.2.2.2.

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

Taula 2.3 Coeficients parcials de seguretat per al material,  $\gamma_M$ 

Situacions persistents i transitòries:	
- Fusta massissa	1,30
- Fusta laminada encolada	1,25
- Fusta microlaminada, tauler contraxapat, tauler d'encenalls orientats	1,20
- Tauler de partícules i taulers de fibres (durs, mitjans, densitat mitjana, tous)	1,30
- Acoblaments	1,30
- Plaques clau	1,25
Situacions extraordinàries:	
	1,0

De manera anàloga es defineix el valor de la capacitat de càrrega de càlcul (referida a un acoblament o un sistema estructural),  $R_d$ , segons l'expressió:

$$R_d = k_{\text{mod}} \cdot \left( \frac{R_k}{\gamma_M} \right) \quad (2.7)$$

on:

$R_k$  valor característic de la capacitat de càrrega;

$\gamma_M$  coeficient parcial de seguretat corresponent definit en la taula 2.4.

Taula 2.4 Valors del factor  $k_{\text{mod}}$ 

Material	Norma	Classe de servei	Classe de durada de la càrrega				
			Permanent	Llarga	Mitjana	Curta	Instantània
Fusta massissa		1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Fusta laminada encolada		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Fusta microlaminada		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tauler contraxapat	UNE EN 636						
	Parts 1, 2 i 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Parts 2 i 3	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Part 3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tauler d'encenalls orientats (OSB) <sup>1</sup>	UNE EN 300						
	OSB/2	1	0,25	0,30	0,40	0,65	1,10
	OSB/3, OSB/4	1	0,30	0,40	0,50	0,70	1,10
	OSB/3, OSB/4	2	0,20	0,25	0,35	0,50	0,90
Tauler de partícules	UNE EN 312						
	Parts 4 i 5	1	0,25	0,30	0,40	0,65	1,10
	Part 5	2	0,20	0,20	0,25	0,45	0,80

<sup>1</sup> OSB = **O**riented **S**trand **B**oard. L'acrònim és usat freqüentment en llengua anglesa i s'ha encunyat com a nom usual per al material en altres idiomes, com de fet succeeix ja en el nostre.

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

Material	Norma	Classe de servei	Classe de durada de la càrrega				
			Permanent	Llarga	Mitjana	Curta	Instantània
Tauler de partícules	UNE EN 312						
	Parts 6 i 7	1	0,30	0,40	0,50	0,70	1,10
	Part 7	2	0,20	0,25	0,35	0,50	0,90
Tauler de fibres dur	UNE EN 622-2						
	HB.LA, HV.HLS	1	0,25	0,30	0,40	0,65	1,10
	HB.HLS	2	0,20	0,20	0,25	0,45	0,80
Tauler de fibres semidur	UNE EN 622-3						
	MBH.LA, MBH.HLS	1	0,25	0,30	0,40	0,65	1,10
	MBH.HLS	2	-	-	-	0,45	0,80
Tauler de fibres MDF	UNE EN 622-5						
	MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,30	0,40	0,60	1,10
	MDF.HLS	2	-	-	-	0,45	0,80
Tauler de fibres tou	UNE EN 622-4						
		1	-	-	-	0,80	1,10
		2	-	-	-	0,60	0,80

Si una combinació d'accions inclou accions pertanyents a classes de durada diferents, el factor  $k_{mod}$  s'ha d'escollir com el corresponent a l'acció de durada més curta.

### 3 Durabilitat

#### 3.1 Introducció

- 1 En aquest capítol es tracten les mesures per garantir la durabilitat de l'estructura almenys durant el que es consideri període de servei i en condicions d'ús adequat.
- 2 La durabilitat d'una estructura depèn, en gran manera, del disseny constructiu, encara que en alguns casos, a més, és necessari afegir un tractament.

#### 3.2 Protecció de la fusta

- 1 La fusta pot patir danys causats per agents biòtics i abiòtics. L'objectiu de la protecció preventiva de la fusta és mantenir la probabilitat de patir danys per aquest origen en un nivell acceptable.
- 2 El fabricant d'un producte ha d'indicar, a l'envàs i la documentació tècnica del producte esmentat, les instruccions d'ús i manteniment.

##### 3.2.1 Protecció preventiva davant dels agents biòtics

###### 3.2.1.1 Generalitats

- 1 Els elements estructurals de fusta han d'estar protegits d'acord amb la classe d'ús a què pertanyen, i segons el que es defineix a 3.2.1.2.

###### 3.2.1.2 Classes de risc biològic

- 1 El concepte de classe de risc està relacionat amb la probabilitat que un element estructural pateixi atacs d'agents biòtics, i principalment és funció del grau d'humitat que arribi a assolir durant la seva vida de servei. Es defineixen les classes de risc següents.

a) **classe de risc 1:** l'element estructural està sota cobert protegit de la intempèrie i no exposat a la humitat. En aquestes condicions la fusta massissa té un contingut d'humitat inferior al 20%. Exemples: elements estructurals en general que no estiguin pròxims a fonts d'humitat, estructures a l'interior d'edificis;

b) **classe de risc 2:** l'element estructural està sota cobert i protegit de la intempèrie però es pot donar ocasionalment un contingut d'humitat superior al 20% en part de l'element estructural o en la seva totalitat. Exemples: estructura d'una piscina coberta en què es manté una humitat ambiental elevada amb condensacions ocasionals i elements estructurals pròxims a conductes d'aigua;

c) **classe de risc 3:** l'element estructural es troba al descobert, sense tenir contacte amb el terra i sotmès a una humidificació freqüent, i supera el contingut d'humitat del 20%. Exemples: ponts de trànsit de vianants o rodat i pèrgoles;

d) **classe de risc 4:** l'element estructural està en contacte amb el terra o amb aigua dolça i exposat per tant a una humidificació en què supera permanentment el contingut d'humitat del 20%. Exemples: construccions en aigua dolça i pilars en contacte directe amb el terra;

e) **classe de risc 5:** situació en què l'element estructural està permanentment en contacte amb aigua salada. En aquestes circumstàncies el contingut d'humitat de la fusta és superior al 20%, permanentment. Exemple: construccions en aigua salada.

###### 3.2.1.3 Tipus de protecció davant d'agents biòtics i mètodes d'impregnació

- 1 **Protecció superficial:** protecció en què la penetració mitjana assolida pel protector és de 3 mm i d'1 mm com a mínim en qualsevol part de la superfície tractada. Es correspon amb la classe de penetració P<sub>2</sub> de la norma UNE EN 351-1.



## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

- 2 **Protecció mitjana:** protecció en què la penetració mitjana assolida pel protector és superior a 3 mm en qualsevol zona tractada, sense arribar al 75% del volum impregnable. Es correspon amb les classes de penetració P<sub>3</sub> a P<sub>7</sub> de la norma UNE EN 351-1.
- 3 **Protecció profunda:** protecció en què la penetració mitjana assolida pel protector és igual o superior al 75% del volum impregnable. Es correspon amb les classes de penetració P<sub>8</sub> i P<sub>9</sub> de la norma UNE EN 351-1.

**3.2.1.4 Elecció del tipus de protecció davant d'agents biòtics**

- 1 A la taula 3.2 s'indica el tipus de protecció exigint en funció de la classe de risc.

**Taula 3.2 Elecció del tipus de protecció**

Classe de risc	Tipus de protecció
1	Cap
2	Superficial
3	Mitjana
4 i 5	Profunda

- 2 Algunes espècies coníferes que sovint s'utilitzen en construcció com els avets, avets roigs i cedres vermells són difícilment impregnable (llevat d'amb procediments especials). El fabricant ha de garantir que l'espècie a tractar és compatible amb el tractament en profunditat (i amb les coles, en cas que s'emprin).
- 3 En les obres de rehabilitació estructural en què s'hagin detectat atacs previs d'agents xilòfags s'han d'aplicar, com a mínim:
  - a) als elements nous: tractament superficial.
  - b) als elements existents: protecció mitjana en classe d'ús 1; protecció mitjana en classe d'ús 2, i protecció profunda en classes d'ús 3 i superiors.
- 4 Per a la protecció de peces de fusta laminada encolada:
  - a) en el cas de protecció superficial, s'ha de realitzar sobre la peça acabada i després de les operacions d'acabat (raspallat, mecanitzat d'arestes i realització de forats, etc.).
- 5 En el cas de protecció mitjana o de profunditat, s'ha de realitzar sobre les làmines de forma prèvia a l'encolada. El fabricant ha de comprovar que el producte protector és compatible amb l'encolada, especialment quan es tracti de protectors orgànics.

**3.2.2 Protecció preventiva davant d'agents meteorològics**

- 1 El millor protector davant dels agents meteorològics és el disseny constructiu, i especialment les mesures que eviten o minimitzen la retenció d'aigua.
- 2 Si la classe de risc és igual o superior a 3 els elements estructurals han d'estar protegits davant dels agents meteorològics.
- 3 A l'exterior s'han d'usar productes de porus obert, com els lasurs, ja que no formen pel·lícula i per tant permeten el flux d'humitat entre l'ambient i la fusta.

**3.2.3 Durabilitat natural i impregnabilitat**

- 1 La definició necessària de la classe resistent en projecte no implica l'especificació d'una espècie. Cada espècie, i en concret les parts de duramen i blancor (que denominem zones), té associada el que es denomina durabilitat natural.
- 2 La blancor o el duramen d'una espècie no té per què requerir protecció per a una determinada classe d'ús malgrat que així ho indiqui la taula 3.2.
- 3 Cada espècie i zona té també associada una impregnabilitat, és a dir, una certa capacitat de ser impregnada amb més o menys profunditat. En cas que s'especifiqui l'espècie i la zona, s'ha de comprovar que el tractament prescrit a l'element és compatible amb la seva impregnabilitat.
- 4 En cas que el tractament amari la fusta, a l'obra s'ha de constatar que es lliura el producte de conformitat amb els requisits del projecte.

### 3.3 Protecció contra la corrosió dels elements metàl·lics

- 1 A la taula 3.2 s'inclouen els valors mínims del gruix del revestiment de protecció davant de la corrosió o el tipus d'acer necessari segons les classes de servei diferents.

**Taula 3.2 Protecció mínima davant de la corrosió (relativa a la norma ISO 2081), o tipus d'acer necessari**

Element de fixació	Classe de servei		
	1	2	3
Claus i tirafons amb $d \leq 4$ mm	Cap	Fe/Zn 12c <sup>(1)</sup>	Fe/Zn 25c <sup>(2)</sup>
Perns, passadors i claus amb $d > 4$ mm	Cap	Cap	Fe/Zn 25c <sup>(2)</sup>
Grapes	Fe/Zn 12c <sup>(1)</sup>	Fe/Zn 12c <sup>(1)</sup>	Acer inoxidable
Plaques dentades i xapes d'acer amb gruix de fins a 3 mm	Fe/Zn 12c <sup>(1)</sup>	Fe/Zn 12c <sup>(1)</sup>	Acer inoxidable
Xapes d'acer amb gruix per damunt de 3 fins a 5 mm	Cap	Fe/Zn 12c <sup>(1)</sup>	Fe/Zn 25c <sup>(2)</sup>
Xapes d'acer amb gruix superior a 5 mm	Cap	Cap	Fe/Zn 25c <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Si s'utilitza galvanitzat en calent la protecció Fe/Zn 12c s'ha de substituir per Z 275, i la protecció Fe/Zn 25c s'ha de substituir per Z 350.

<sup>(2)</sup> En condicions exposades especialment a la corrosió s'ha de tenir en compte la utilització de Fe/Zn 40c, un galvanitzat en calent més gruixut o acer inoxidable.

### 3.4 Consideracions relatives als acoblaments

- 1 Els acoblaments exteriors exposats a l'aigua s'han de dissenyar de forma que s'eviti la retenció de l'aigua.
- 2 En les estructures que no estiguin en classe de servei 1 o 2, a més de la consideració del tractament de la fusta i la protecció d'altres materials, els acoblaments han de quedar ventilats i amb capacitat d'evacuar l'aigua ràpidament i sense retencions.

## 4 Materials

### 4.1 Fusta massissa

- 1 Dins de la fusta massissa s'inclou la fusta serrada i la fusta de roll.
- 2 La fusta serrada, per al seu ús en estructures, ha d'estar classificada de manera que quedi assignada a una classe resistent (vegeu el procediment d'assignació a l'annex C).
- 3 Les classes resistents són:
  - a) per a coníferes i pollancre: C14, C16, C18, C20, C22, C24, C27, C30, C35, C40, C45 i C50;
  - b) per a frondoses: D30, D35, D40, D50, D60 i D70.En les quals els números indiquen el valor de la resistència característica a flexió,  $f_{m,k}$ , expressada en  $N/mm^2$ .
- 4 A l'annex E apareixen els valors de les propietats de resistència, rigidesa i densitat associats a cada classe resistent de fusta laminada serrada.

### 4.2 Fusta laminada encolada

#### 4.2.1 Generalitats

- 1 La fusta laminada encolada, per al seu ús en estructures, ha d'estar classificada de forma que quedi assignada a una classe resistent (vegeu el procediment d'assignació a l'annex D).
- 2 Les classes resistents són:
  - a) per a fusta laminada encolada homogènia: GL24h, GL28h, GL32h i GL36h;
  - b) per a fusta laminada encolada combinada: GL24c, GL28c, GL32c i GL36c.En les quals els números indiquen el valor de la resistència característica a flexió,  $f_{m,g,k}$ , expressada en  $N/mm^2$ .
- 3 Els acoblaments dentats per a peces senceres fabricades d'acord amb la norma UNE ENV 387 no s'han d'utilitzar en classe de servei 3 quan en l'acoblament canvia la direcció de la fibra.
- 4 A l'annex E apareixen els valors de les propietats de resistència, rigidesa i densitat associats a cada classe resistent de fusta laminada encolada.

### 4.3 Fusta microlaminada

- 1 La fusta microlaminada per a ús estructural s'ha de subministrar amb una certificació dels valors de les propietats mecàniques i de l'efecte de les dimensions d'acord amb els plantejaments generals d'aquest DB.

### 4.4 Tauler estructural

#### 4.4.1 Generalitats

- 1 L'ús dels diferents tipus de taulers s'ha de limitar a les classes de servei previstes per a cada tipus a la taula 2.1.
- 2 A l'annex E apareixen els valors de les propietats de resistència, rigidesa i densitat associats a cada tipus de tauler estructural dels que s'hi s'especifiquen.

## 4.5 Adhesius

### 4.5.1 Generalitats

- 1 La documentació tècnica de l'adhesiu ha d'incloure les prescripcions d'ús i incompatibilitats.
- 2 L'encolada de peces de fusta d'espècies diferents o de productes derivats de la fusta variats (sobretot si els coeficients de contracció són diferents) requereix un coneixement específic de la seva viabilitat.

### 4.5.2 Tipus d'adhesius

- 1 A la taula 4.1 es descriuen els adhesius utilitzats en fusta per a ús estructural i la seva adequació a la classe de servei.

Taula 4.1 Tipus d'adhesius en fusta per a ús estructural i adequació a la classe de servei

Tipus d'adhesiu	Abreviatura	Classe de servei			Observacions
		1	2	3	
Fenol-formaldehid <sup>(1)(5)</sup>	PF	apte <sup>(1)</sup>	apte <sup>(1)</sup>	apte <sup>(1)</sup>	Adhesiu per encolar en calent (110 -140 °C); adequat per a fabricació de taulers de fusta.
Resorcina-fenol-formaldehid <sup>(5)</sup>	RPF	apte	apte	apte	
Resorcina-formaldehid <sup>(5)</sup>	RF	apte	apte	apte	
Melamina-urea-formaldehid <sup>(2)(6)</sup>	MUF	apte	apte	poc apte	
Urea-formaldehid <sup>(6)</sup>	UF	apte	poc apte <sup>(3)</sup>	no apte	
Poliuretà <sup>(6)</sup>	PU	apte	apte	apte	Aptitud reduïda per omplir les juntures. El fabricant ha d'indicar les prestacions davant del foc.
Resines epoxi <sup>(4)(6)</sup>	EP	apte	apte	apte	Aptes per a juntures gruixudes.
Caseïna <sup>(6)</sup>		apte	poc apte	no apte	Pressió d'encolada reduïda. És necessari un fungicida.

<sup>(1)</sup> Només per a encolada en calent (110 - 140 °C); adequat per a fabricació de taulers derivats de la fusta.

<sup>(2)</sup> Preferentment per encolar per damunt de 30 °C.

<sup>(3)</sup> No adequada per a una humitat relativa de l'aire elevada i simultània amb una temperatura per damunt de 50 °C.

<sup>(4)</sup> No adequades per a temperatures superiors als 50 °C.

<sup>(5)</sup> Línies de cola de color marró fosc.

<sup>(6)</sup> Línies de cola transparents.

- 2 Els adhesius que compleixin les especificacions per al tipus I, definides a UNE EN 301, es poden utilitzar en totes les classes de servei, i els que compleixin les especificacions per al tipus II únicament en la classe de servei 1 o 2 i mai exposats de forma prolongada a temperatures superiors als 50 °C.

### 4.5.3 Exigències relatives als adhesius

- 1 Els adhesius utilitzats en la fabricació d'elements estructurals de fusta s'han d'ajustar a les normes UNE EN 301 i UNE EN 12436: 2002.

En el producte s'ha d'indicar de forma visible que l'adhesiu és apte per a ús estructural, així com per a quines classes de servei és apte.

## 4.6 Acoblaments

### 4.6.1 Acoblaments tradicionals

- 1 Els acoblaments tradicionals, també denominats fusters o acoblaments per contacte, transmeten les forces mitjançant tensions de compressió localitzada i de tallant entre les mateixes peces de fusta mitjançant el tall i la mecanització adequats. El material aportat (generalment ferramentes en forma de platines i altres elements de fixació) és molt reduït, i la seva funció és la de mantenir en

posició els acoblaments. En alguns casos poden servir per a reforç de l'acoblament o per resistir una inversió de la sol·licitació.

#### **4.6.2 Elements mecànics de fixació**

- 1 Els elements mecànics de fixació previstos en aquest DB per a la realització dels acoblaments són:
  - a) de tipus clavilla: claus de fust llis o amb ressalts, grapes, tirafons (cargols rosca fusta), pernns o passadors.
  - b) connectors: d'anell, de placa o dentats.
- 2 En el projecte s'ha d'especificar, per a la seva utilització en estructures de fusta i per a cada tipus d'element mecànic de fixació de tipus clavilla:
  - a) resistència característica a tracció de l'acer  $f_{u,k}$ ;
  - b) informació geomètrica que permeti l'execució correcta dels detalls.

## 5 Anàlisi estructural

### 5.1 Principis generals

- 1 Per a l'anàlisi relativa a situacions de dimensionament transitòries i permanents, s'ha de tenir en compte els valors següents per als mòdul d'elasticitat longitudinal  $E_d$  o transversal  $G_d$ .

- a) En comprovacions d'estat límit de servei i estat límit últim en règim lineal (sense analitzar l'estabilitat global o local):

$$E_d = E_{mitjà} \quad (5.1)$$

$$G_d = G_{mitjà} \quad (5.2)$$

on:

$G_{mitjà}, E_{mitjà}$  valors mitjans segons les dades del material.

- b) En comprovacions d'estat límit últim relatives a estabilitat o en general en comprovacions realitzades en segon ordre:

$$E_d = E_k \quad (5.3)$$

$$G_d = G_k \quad (5.4)$$

on:

$G_k, E_k$  valor corresponent al 5% percentil de la propietat de rigidesa.

- 2 Per a l'anàlisi relativa a situacions de dimensionament extraordinàries, s'ha de tenir en compte el valor següent per als mòdul d'elasticitat longitudinal  $E_d$  o transversal  $G_d$ :

$$E_d = E_{mitjà} \quad (5.5)$$

$$G_d = G_{mitjà} \quad (5.6)$$

- 3 En l'anàlisi d'estructures formades per barres (és a dir, elements en què predomina una direcció sobre les altres amb una relació mínima entre longitud i cantell de 6) que formen estructures triangulades o estructures de nusos rígids o semirígids, i per al càlcul de sol·licitacions globals (tallant, moment i axial) de la barra, es consideren vàlides les hipòtesis que el material és isotrop, elàstic i lineal, considerant les deformacions instantànies o a llarg termini a través dels mòduls descrits anteriorment.

- 4 Per considerar l'efecte de la fluència, és a dir, per incrementar les deformacions inicials elàstiques, i tant per a la peça com per a l'acoblament però sempre en cas que s'estigui treballant amb models de material lineals, s'ha de considerar una deformació final,  $\delta_{u,fin}$ , incrementada a partir de la inicial  $\delta_{u,ini}$  segons la relació següent:

$$\delta_{fin} = \delta_{ini} (1 + k_{def}) \quad (5.7)$$

on:

$k_{def}$  factor de fluència que té en compte l'existència de càrregues permanents i el contingut d'humitat a la fusta (vegeu la taula 5.1);

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

**Taula 5.1 Valors de  $k_{def}$  per a fusta i productes derivats de la fusta per a accions quasipermanents (a la resta no es considera)**

Material	Tipus de producte	Classe de servei		
		1	2	3
Fusta massissa		0,60	0,80	2,00
Fusta laminada encolada		0,60	0,80	2,00
Fusta microlaminada (LVL)		0,60	0,80	2,00
Tauler contraxapat	UNE EN 636			
	Part 1	0,80	-	-
	Part 2	0,80	1,00	-
	Part 3	0,80	1,00	2,50
Tauler d'encenalls orientats (OSB)	UNE EN 300			
	OSB/2	2,25	-	-
	OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	-
Tauler de partícules	UNE EN 312			
	Part 4	2,25	-	-
	Part 5	2,25	3,00	-
	Part 6	1,5	-	-
	Part 7	1,50	2,25	-
Tauler de fibres dur	UNE EN 622-2			
	HB.LA	2,25	-	-
	HB.HLS	2,25	3,00	-
Tauler de fibres semidur	UNE EN 622-3			
	MBH.LA	3,00	-	-
	MBH.HLS	3,00	4,00	-
Tauler de fibres de densitat mitjana (DM)	UNE EN 622-5			
	MDF.LA	2,25	-	-
	MDF.HLS	2,25	3,00	-
Tauler de fibres tou	UNE EN 622-4	3,00	4,00	-

- 5 En els casos en què la taula 5.1 no indica un valor de  $k_{def}$ , el tipus de material corresponent no es pot utilitzar en la classe de servei esmentada.

## 5.2 Característiques de les barres

### 1 Seccions eficaces:

- es consideren seccions eficaces les deduïdes de les dimensions nominals menys les reduccions previstes;
- a aquests efectes, no es consideren reduccions de l'àrea de la secció transversal les originades per:
  - claus amb diàmetre igual o inferior a 6 mm, introduïts sense forat previ;
  - forats disposats simètricament per a pernys, passadors, tirafons i claus en peces comprimides axialment;
  - forats a la zona comprimida de les peces a flexió, sempre que estiguin plens d'un material més rígid que la fusta.
- per a la determinació de la secció eficaç de peces amb diverses files d'elements de fixació, als forats continguts a la secció s'hi ha de sumar els que estiguin a una distància, respecte de la secció esmentada, igual o inferior a la meitat de la separació mínima (especificada per als acolements) entre elements de fixació, mesurada en la direcció paral·lela a la fibra.

## 5.3 Sistemes de barres

### 5.3.1 Principis generals

- 1 En les estructures habituals d'edificació formades per barres (elements on una dimensió predomina sobre les altres dues), siguin recolzaments, bigues o estructures triangulades, es consideren, per als tipus descrits al codi, els models següents:

- a) comportament de les barres
- anàlisi en primer ordre, tenint en compte que la fusta és un material homogeni i isòtrop, prenent com a paràmetre bàsic del material el mòdul de deformació,  $E$ , longitudinal (segons la direcció de la fibra). La verificació de l'estabilitat es realitza a través del mètode de la longitud de vinclament equivalent.
  - anàlisi en primer ordre similar a l'anterior llevat de la verificació de l'estabilitat, que es realitza mitjançant una anàlisi global en segon ordre.
- b) acoblaments en encavallades
- per a encavallades usals, amb llums no superiors a 20 m, no és necessari considerar la deformació local a l'acoblament sempre que la relació entre la llum i el cantell màxim de la cintra no sigui més gran de 10.
  - per a la resta de casos es considera una deformació local de l'acoblament de tipus lineal d'acord amb les dades de  $K_{ser}$  descrites a l'apartat 7.1. Segons el que es descriu en aquest apartat, el valor de  $K_{ser}$  de les taules s'usa en les comprovacions dels estats límit de servei, mentre que per a les comprovacions dels estats límit últims s'ha de tenir en compte un valor de 2/3 de l'anterior. Per modelitzar aquest efecte es poden afegir barres fictícies en els acoblaments que tinguin la mateixa rigidesa que l'acoblament o bé treballar amb una rigidesa equivalent de la barra de manera que la seva rigidesa sigui la de la barra original més els acoblaments.

En qualsevol cas es poden usar models més complexos basats en assajos o en els principis generals.

- c) acoblaments de recolzament i empalmament d'estructures allindades:
- en el cas d'acoblaments articulats es considera que a l'acoblament no hi ha cap lliscament;
  - en el cas d'acoblaments en què es pretengui aconseguir un encastrament s'ha de considerar la rigidesa eficaç de l'acoblament en funció del lliscament dels acoblaments. La majoria dels acoblaments rígids amb clavilles són com a màxim semiencastaments, i en molts casos s'arriben a comportar gairebé com a articulacions.

### 5.3.2 Estructures triangulades

- En l'anàlisi d'estructures triangulades, les línies que representen les barres del sistema són les que uneixen els centres de gravetat de les seccions. En cas d'utilitzar, com a línia de referència de la barra, una diferent de l'anterior, s'ha de tenir en compte en l'anàlisi esmentada els efectes de l'excentricitat respecte a la línia esmentada.

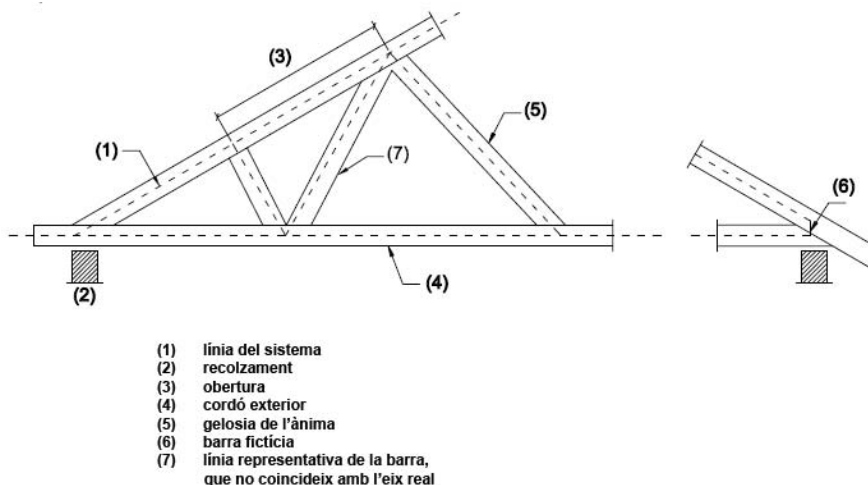


Figura 5.1 Exemple de denominació d'alguns elements en l'anàlisi d'una gelosia



- 2 Els empalmaments realitzats a les barres de peces de gelosia poden ser considerats com a rígids si la seva rotació real, per causa de les accions, no té efectes significatius sobre les lleis de distribució d'esforços. Aquest requisit es compleix si es verifiquen les condicions següents:
- l'empalmament té una capacitat de càrrega que correspon, almenys, a 1,5 vegades la hipòtesi més desfavorable;
  - l'empalmament té una capacitat portant que correspon, almenys, a la combinació de forces i moments aplicats, sempre que les barres de fusta no estiguin sotmeses a tensions de flexió superiors a 0,3 vegades la seva resistència de càlcul a flexió. A més, si es considera l'empalmament com una articulació, el conjunt ha de ser estable.

### 5.3.3 Pòrtics i arcs plans

- 1 Quan els esforços generats com a conseqüència del desplaçament de l'estructura no siguin negligibles, s'ha de realitzar una anàlisi de segon ordre, com succeeix amb alguns pòrtics translacionals en què els esforços axials de compressió no estan massa allunyats de les càrregues crítiques de vincament. Els esforços s'han de determinar considerant, a més, les imperfeccions geomètriques i estructurals possibles, és a dir, les desviacions entre els eixos geomètrics i el centre elàstic de la secció transversal, degudes, per exemple, a la falta d'homogeneïtat del material, i els bombats previs de les peces. Aquestes s'estimen de la manera següent:

- pòrtics plans; la forma imperfecta de l'estructura es pot considerar com a equivalent a una desviació inicial que és una aproximació a la deformada real, obtinguda mitjançant l'aplicació d'angles de gir  $\Phi$  en els recolzaments de l'estructura juntament amb un bombat inicial de forma sinusoidal entre nusos de l'estructura definida per l'excentricitat màxima  $e$ .

El valor mínim de  $\phi$ , en radians, ha de ser:

$$\phi = 0,005 \quad \text{per a } h \leq 5 \text{ m} \quad (5.6)$$

$$\phi = 0,005 \sqrt{\frac{5}{h}} \quad \text{per a } h > 5 \text{ m} \quad (5.7)$$

on:

$h$  longitud del recolzament, [m];

el valor mínim de  $e$  ha de ser:

$$e = 0,0025 \cdot l \quad (5.8)$$

on:

$l$  longitud de la biga, [m].

- arcs; per tenir en compte les desviacions en l'anàlisi lineal de segon ordre s'han de prendre les deformacions inicials següents (figura 5.2).

El valor mínim de  $e$  ha de ser:

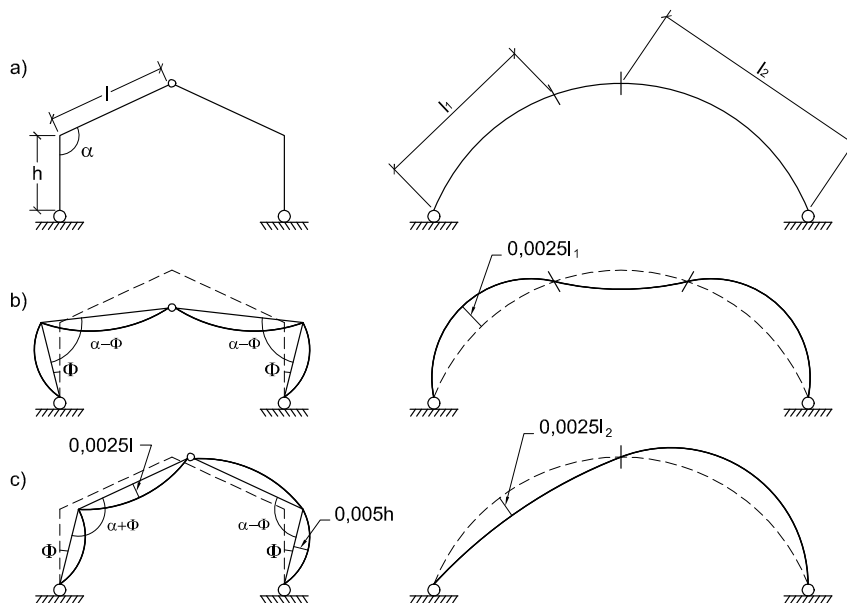
$$e = 0,0025 \cdot l_1 \quad \text{per a càrrega simètrica} \quad (5.9)$$

$$e = 0,0025 \cdot l_2 \quad \text{per a càrrega no simètrica} \quad (5.10)$$

on:

$l_1$  i  $l_2$  longitud de la corda, des del punt de recolzament al punt d'intersecció de la directriu de l'arc amb la seva deformada en anàlisi de primer ordre, per a càrrega simètrica i no simètrica, respectivament.

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta



- a) Definició de la geometria inicial  
 b) Desviació corresponent a càrrega simètrica  
 c) Desviació corresponent a càrrega asimètrica

Figura 5.2 Exemple de desviacions inicials de la geometria d'un pòrtic a dues aigües i d'un arc

### 5.3.4 Anàlisi simplificada de gelosies triangulades amb plaques dentades

- 1 Per realitzar l'anàlisi simplificada de gelosies triangulades que s'estableix a continuació, s'han de complir els requisits següents:
  - a) no hi ha angles entrants en el contorn;
  - b) l'amplada del recolzament està situada dins de la longitud  $a_1$ , i la distància  $a_2$ , figura 5.3, no és superior a  $(a_1 / 3)$  ni a 100 mm;
  - c) l'altura de la gelosia és superior a 0,15 vegades l'obertura total i 10 vegades el cantell del cordó més gran, vegeu la figura 5.1;

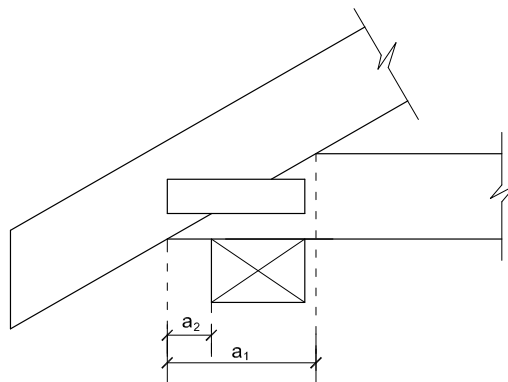


Figura 5.3 Geometria del recolzament

- 2 L'anàlisi simplificada consisteix en els esforços a les barres de la forma següent:
  - a) les forces axials a les barres es determinen sota la hipòtesi que tots els nusos estan articulats;
  - b) els moments de flexió de les barres d'una sola obertura es determinen sota la hipòtesi que els seus extrems estan articulats. Els moments de flexió de les barres de dos o més obertures que mantenen la seva continuïtat (per exemple, cordons) es determinen considerant que la peça (cordó) és una biga amb un recolzament a cada nus (biga contínua). La influència dels des-

---

**Document bàsic SE-M Estructures de fusta**

---

plaçaments dels nusos i de la rigidesa parcial de les connexions es pot considerar reduïnt un 10% els moments en els recolzaments interiors. Els moments en les obertures es determinen en funció dels moments resultants en els nusos.

## 6 Estats límit últims

- 1 Per al cas de peces de secció constant, el pas de les sol·licitacions de càlcul a tensions de càlcul es pot fer segons les fórmules clàssiques de resistència de materials, excepte a les zones en què hi hagi un canvi bruscat de secció o, en general, un canvi bruscat de l'estat tensional.

### 6.1 Esgotament de seccions sotmeses a tensions orientades segons les direccions principals

#### 6.1.1 Principis generals

- 1 Aquest apartat s'aplica a la comprovació de sol·licitacions en peces de secció constant de fusta massissa, laminada i productes estructurals derivats de la fusta amb la direcció de les fibres sensiblement paral·lela al seu eix axial.
- 2 Se suposa que les tensions s'orienten només segons els eixos principals, figura 6.1.

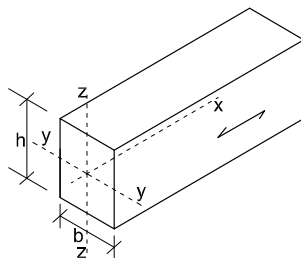


Figura 6.1 Eixos i direcció de la fibra a la peça

#### 6.1.2 Tracció uniforme paral·lela a la fibra

- 1 S'ha de complir la condició següent:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \quad (6.1)$$

on:

$\sigma_{t,0,d}$  tensió de càlcul a tracció paral·lela a la fibra;

$f_{t,0,d}$  resistència de càlcul a tracció paral·lela a la fibra.

#### 6.1.3 Tracció uniforme perpendicular a la fibra

- 1 Determinades les tensions de càlcul, s'ha de complir la condició següent:

$$\sigma_{t,90,d} \leq f_{t,90,d} \quad \text{fusta massissa} \quad (6.2)$$

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_{vol} \cdot f_{t,90,d} \quad \text{fusta laminada encolada i fusta microlaminada} \quad (6.3)$$

on:

$\sigma_{t,90,d}$  tensió de càlcul a tracció perpendicular a la fibra;

$f_{t,90,d}$  resistència de càlcul a tracció perpendicular a la fibra;

$k_{vol}$  factor de volum definit a l'apartat 2.2.

#### 6.1.4 Compressió uniforme paral·lela a la fibra

- 1 S'ha de complir la condició següent:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \quad (6.4)$$

on:

$\sigma_{c,0,d}$  tensió de càlcul a compressió paral·lela a la fibra;

$f_{c,0,d}$  resistència de càlcul a compressió paral·lela a la fibra.

**6.1.5 Compressió uniforme perpendicular a la fibra**

- 1 S'ha de complir, per al cas anterior, la condició següent:

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} f_{c,90,d} \quad (6.5)$$

on:

$\sigma_{c,90,d}$  tensió de càlcul a compressió perpendicular a la fibra;

$f_{c,90,d}$  resistència de càlcul a tracció paral·lela a la fibra.

$k_{c,90}$  factor que té en compte la distribució de la càrrega, la possibilitat de fenedura i la deformació màxima per compressió perpendicular.

Per a  $k_{c,90}$  s'ha de prendre un valor igual a 1, llevat que siguin aplicables els casos que s'indiquen a continuació. En qualsevol cas, el valor de  $k_{c,90}$  no ha de ser superior a 4, llevat de casos de rehabilitació d'edificis existents.

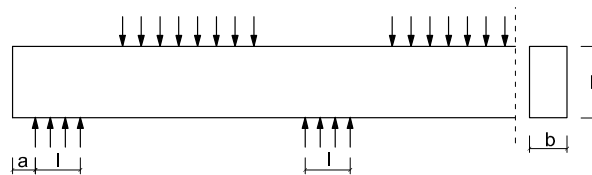
- 2 Per a una biga que descansi sobre diversos recolzaments, figura 6.2, com a valor de  $k_{c,90}$  es pot prendre:

a) en recolzaments més pròxims que  $h/3$  de l'extrem de la biga, figura 6.2:

$$k_{c,90} = \left( 2,38 - \frac{l}{250} \right) \left( 1 + \frac{h}{12l} \right) \quad (6.6)$$

b) en recolzaments intermedis:

$$k_{c,90} = \left( 2,38 - \frac{l}{250} \right) \left( 1 + \frac{h}{6l} \right) \quad (6.7)$$



**Figura 6.2 Biga sobre recolzaments**

on:

$l$  longitud de contacte, [mm];

$h$  cantell de la peça, [mm].

- 3 Per a una peça en què el cantell  $h \leq 2,5 \cdot b$  i en què la força de compressió perpendicular s'aplica directament a tota l'amplada  $b$  d'una cara, mentre que l'altra cara està recolzada sobre una superfície contínua o sobre recolzaments aïllats, com s'indica a la figura 6.3, com a valor de  $k_{c,90}$  es pot prendre:

$$k_{c,90} = \left( 2,38 - \frac{l}{250} \right) \cdot \sqrt{\frac{l_{ef}}{l}} \quad (6.8)$$

on:

$l_{ef}$  longitud efectiva, en mm. S'obté mitjançant el traçat de línies de difusió de pendent 1:3, a tot el cantell  $h$  de la peça, tallades a una distància  $a/2$  de qualsevol extrem o a una distància de  $l/4$  de qualsevol línia de difusió adjacent, vegeu la figura 6.3;

$l$  longitud de contacte, [mm].

En les peces en què les línies de difusió no es troben interrompudes per les limitacions anteriors, el valor de  $l_{ef}$  es determina aplicant l'expressió que correspongui de les dues següents:

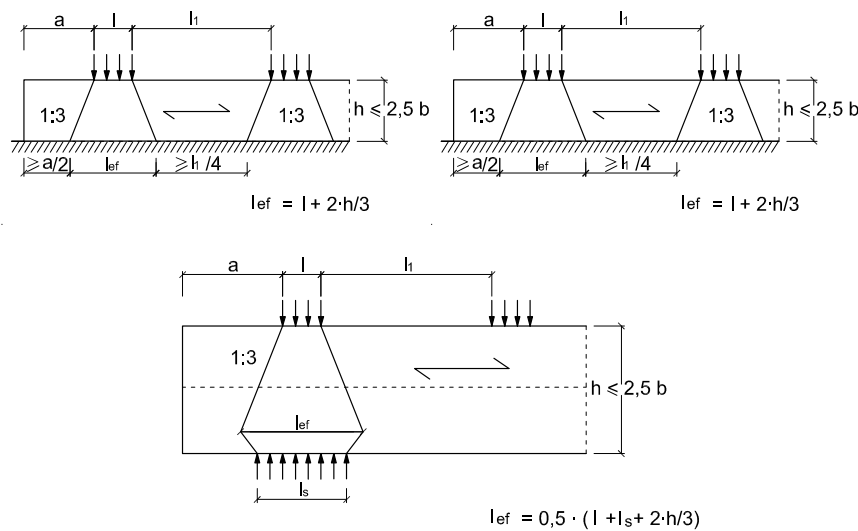
a) per a recolzament continu:

i) càrregues aplicades a l'extrem de la peça:  $l_{ef} = l + \frac{h}{3}$  (6.9)

ii) càrregues allunyades de l'extrem de la peça:  $l_{ef} = l + \frac{2 \cdot h}{3}$  (6.10)

b) per a recolzaments parcials:

$$l_{ef} = \frac{1}{2} \cdot \left( l + \frac{2}{3} \cdot h + l_s \right) \quad (6.11)$$



**Figura 6.3** Compressió perpendicular a la fibra aplicada parcialment. A la figura superior la peça descansa sobre un jaç continu. A l'inferior, sobre recolzaments parcials

- 4 Si el cantell h de la peça és superior a 2,5·b i la tensió de compressió està aplicada a tota l'amplada b de la peça sobre una longitud l, menor que el valor més gran dels següents, 100 mm o h, i a més la peça està recolzada sobre una superfície contínua o sobre recolzaments enfrontats a la càrrega, com s'indica a la figura 6.4, el factor  $k_{c,90}$  es dedueix mitjançant l'expressió següent:

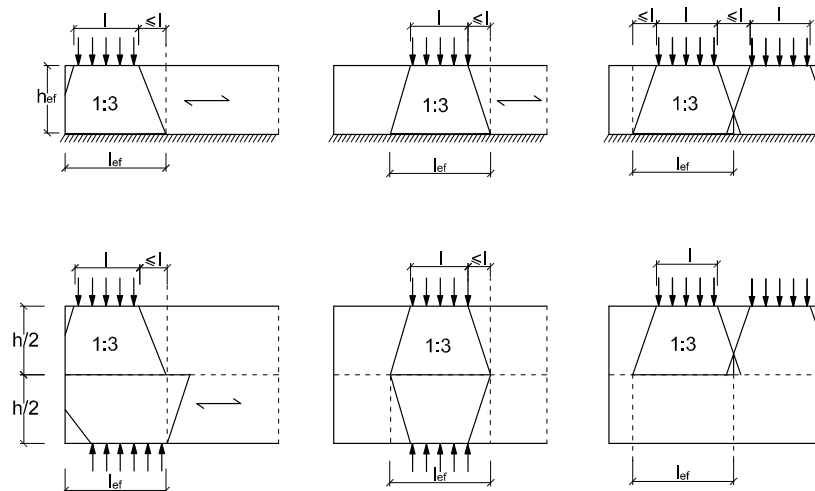
$$k_{c,90} = \frac{l_{ef}}{l} \quad (6.12)$$

on:

l longitud de contacte, en mm, d'acord amb la figura 6.4;

$l_{ef}$  longitud efectiva en mm obtinguda d'acord amb la figura 6.4. Per calcular  $l_{ef}$ , el flux de la distribució de tensions s'ha de determinar amb el pendent d'1:3 i amb les limitacions de la intersecció de la superfície de l'extrem lliure amb el flux pròxim; en qualsevol cas no es pot estendre a cada costat una longitud superior a l.

- 5 En les peces la secció de les quals varia linealment sobre el recolzament (per exemple el tirant d'una cintra amb recolzament en barbata), l'alçada h correspon al cantell de la peça en l'eix de recolzament i la longitud  $l_{ef}$  coincideix amb la longitud de contacte.



A la figura superior la peça descansa sobre un jaç continu. A l'inferior, sobre recolzaments parcials.

**Figura 6.4 Longitud efectiva per al càlcul de les tensions perpendiculars a la fibra sota càrregues concentrades**

### 6.1.6 Flexió simple

- 1 S'ha de complir la condició següent:

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \quad (6.13)$$

on:

$\sigma_{m,d}$  tensió de càlcul a flexió;

$f_{m,d}$  resistència de càlcul a flexió.

### 6.1.7 Flexió esbiaixada

- 1 S'han de complir les condicions següents:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.14)$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.15)$$

on:

$\sigma_{m,y,d}$  tensió de càlcul a flexió respecte a l'eix principal y, figura 6.1;

$f_{m,y,d}$  resistència de càlcul a flexió respecte a l'eix principal y, figura 6.1;

$\sigma_{m,z,d}$  tensió de càlcul a flexió respecte a l'eix principal z, figura 6.1;

$f_{m,z,d}$  resistència de càlcul a flexió respecte a l'eix principal z, figura 6.1;

$k_m$  factor que té en compte l'efecte de redistribució de tensions i la falta d'homogeneïtat del material en la secció transversal i adopta els valors següents:

$k_m = 0,7$  per a seccions rectangulars de fusta massissa, fusta laminada encolada i fusta microlaminada; (6.16a)

$k_m = 1,0$  per a altres seccions i altres productes derivats de la fusta. (6.16b)

### 6.1.8 Tallant

- 1 Per a sol·licitacions de tallant amb un dels components paral·lel a la direcció de la fibra (tall paral·lel, figura 6.5.a), i per a sol·licitacions de tallant amb els dos components perpendiculars a la direcció de la fibra (rodolament, figura 6.5.b), s'ha de complir la condició següent:

$$\tau \leq f_{v,d} \quad (6.17)$$

on:

- $\tau$  tensió de càlcul a tallant;  
 $f_{v,d}$  resistència de càlcul a tallant (tall paral·lel o rodolament). La resistència a tallant per rodolament es pot considerar igual al doble de la resistència a tracció perpendicular a la fibra.

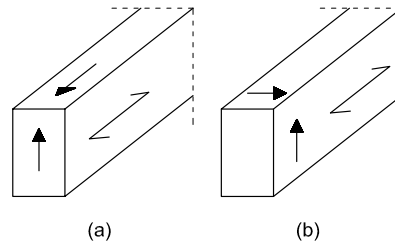


Figura 6.5 Tensions de cisallament. a) tall paral·lel. b) rodolament

- 2 Per a la determinació de l'esforç tallant es poden negligir les càrregues  $F$  aplicades a la part superior de la biga que es trobin dins d'una distància  $h$  o  $h_{ef}$  al marge del recolzament, figura 6.6.

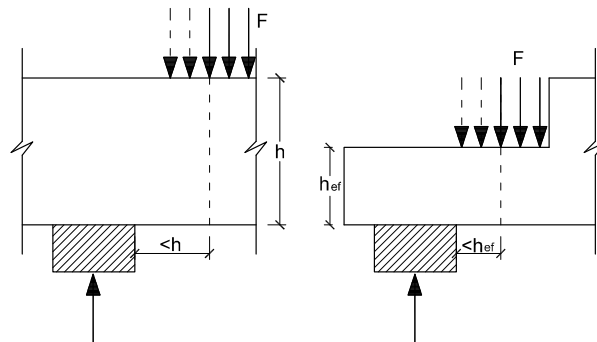


Figura 6.6 Situacions de recolzament en què part de les càrregues (les representades a traços) es poden negligir en el càlcul de l'esforç tallant

### 6.1.9 Torsió

- 1 S'ha de complir la condició següent:

$$\tau_{tor,d} \leq k_{forma} \cdot f_{v,d} \quad (6.18)$$

on:

- $\tau_{tor,d}$  tensió tangencial de càlcul deguda a la torsió;  
 $f_{v,d}$  resistència de càlcul a tallant, definida a l'apartat 6.1.8;  
 $k_{forma}$  factor que depèn de la forma de la secció transversal:

$$k_{forma} = \left\{ \begin{array}{l} 1,2 \quad \text{Secció circular} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1 + 0,15 \frac{h}{b} \\ 2,0 \end{array} \right\} \quad \text{Secció rectangular (h > b)} \end{array} \right\} \quad (6.19)$$

No obstant això, es recomana reduir les tensions d'aquest origen a valors fins i tot menors, quan es tracti d'un torsor necessari per a l'equilibri i no un torsor que aparegui per compatibilitat de deformacions en estructures hiperestàtiques, atès que el torsor implica components de tensió perpendiculars a la fibra.



## 6.2 Sol·licitacions combinades en secció constant

- 1 En les seccions sotmeses a flexió i tallant n'hi ha prou que es compleixin les condicions de flexió i tallant per separat.
- 2 Les fórmules que apareixen a continuació s'apliquen a peces prismàtiques de secció constant de fusta massissa, fusta laminada encolada o altres productes estructurals derivats de la fusta amb la fibra sensiblement paral·lela a la directriu de la peça.

### 6.2.1 Compressió inclinada respecte a la fibra

- 1 La tensió de compressió obliqua ha de complir la condició següent:

$$\sigma_{c,\alpha,d} \leq \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (6.20)$$

on:

- $\sigma_{c,\alpha,d}$  tensió de càlcul a compressió amb direcció  $\alpha$  respecte a la fibra;
- $f_{c,0,d}$  resistència de càlcul a compressió paral·lela a la fibra;
- $f_{c,90,d}$  resistència de càlcul a compressió perpendicular a la fibra;
- $\alpha$  angle representat a la figura 6.7.

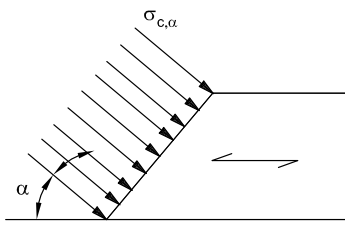


Figura 6.7. Compressió inclinada respecte a la fibra (angle  $\alpha$ )

### 6.2.2 Flexió i tracció axial combinades

- 1 S'han de complir les condicions següents:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.21)$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.22)$$

on:

- $\sigma_{t,0,d}$  tensió de càlcul a tracció paral·lela;
- $f_{t,0,d}$  resistència de càlcul a tracció paral·lela;
- $\sigma_{m,y,d}$  tensió de càlcul a flexió respecte a l'eix y;
- $f_{m,y,d}$  resistència de càlcul a flexió respecte a l'eix y;
- $\sigma_{m,z,d}$  tensió de càlcul a flexió respecte a l'eix z;
- $f_{m,z,d}$  resistència de càlcul a flexió respecte a l'eix z;
- $k_m$  factor definit en l'equació 6.16a i 6.16b de l'apartat 6.1.7.

### 6.2.3 Flexió i compressió axial combinades

- 1 S'han de complir les condicions següents:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.23)$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.24)$$

on:

- $\sigma_{c,0,d}$  tensió de càlcul a compressió paral·lela;
- $f_{c,0,d}$  resistència de càlcul a compressió paral·lela;
- $\sigma_{m,y,d}$  tensió de càlcul a flexió respecte a l'eix y;
- $f_{m,y,d}$  resistència de càlcul a flexió respecte a l'eix y;
- $\sigma_{m,z,d}$  tensió de càlcul a flexió respecte a l'eix z;
- $f_{m,z,d}$  resistència de càlcul a flexió respecte a l'eix z;
- $k_m$  factor definit en l'apartat 6.1.7.

### 6.2.4 Tracció perpendicular i tallant combinats

- 1 S'ha de complir la condició següent:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} + \frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{vol} f_{t,90,d}} \leq 1 \quad (6.25)$$

on:

- $\tau$  tensió de càlcul a tallant;
- $f_{v,d}$  resistència de càlcul a tallant;
- $\sigma_{t,90,d}$  tensió de càlcul a tracció perpendicular a la fibra;
- $f_{t,90,d}$  resistència de càlcul a tracció perpendicular a la fibra;
- $k_{vol}$  factor de volum definit a l'apartat 2.2.

## 6.3 Estabilitat de peces

### 6.3.1 Principis generals

- 1 A més de les tensions provocades per la flexió que es deriva de les càrregues transversals s'han de tenir en compte les tensions de flexió provocades per les imperfeccions geomètriques de la peça (bombats), excentricitats inevitables de les càrregues i acoblaments i desplaçaments induïts.

### 6.3.2 Vinclament de columnes sol·licitades a flexió composta (vinclament per flexió)

#### 6.3.2.1 Definicions:

- 1 Esveltesa mecànica.

Les esvelteses mecàniques d'una peça comprimida són les següents (figura 6.8):

- a) per al vinclament al pla xz, flectant respecte a l'eix y:

$$\lambda_y = \frac{L_{k,y}}{i_y} \quad (6.26)$$

- b) per al vinclament al pla xy, flectant respecte a l'eix z:

$$\lambda_z = \frac{L_{k,z}}{i_z} \quad (6.27)$$

on:

$L_{k,y}$  i  $L_{k,z}$  longituds de vinclament als plans xz i xy, respectivament.

$$L_{k,y} = \beta \quad (6.28)$$

$$L_{k,z} = \beta \quad (6.29)$$

$L$  longitud del recolzament o peça;

$\beta$  i  $\beta$  coeficients que depenen de les condicions de restricció dels extrems de la peça per al moviment en el pla xz i xy, respectivament. Els valors de  $\beta$  per als casos més habituals es poden consultar a l'annex G;

$i_y$  i  $i_z$  radis de gir de la secció respecte als eixos principals: y, z, respectivament.

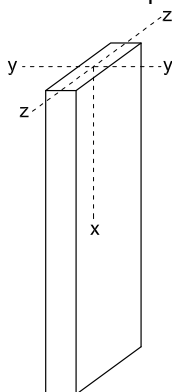


Figura 6.8 Eixos principals de la peça comprimida, sol·licitada a compressió

## 2 Esveltesa relativa.

Es defineixen com a esvelteses relatives d'una peça comprimida les següents:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} \quad (6.30)$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} \quad (6.31)$$

on:

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 \quad (6.32)$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 \quad (6.33)$$

$E_{0,k}$  valor característic del mòdul d'elasticitat paral·lel a la fibra, corresponent al 5% percentil, també denominat  $E_k$ ;

$\lambda$  i  $\lambda$  esvelteses mecàniques segons les equacions 6.26 i 6.27.

### 6.3.2.2 Fórmules per a la comprovació de peces simples

1 Si  $\lambda_{rel,y} > 0,3$  i/o  $\lambda_{rel,z} > 0,3$ , s'ha de comprovar aquest estat límit de la manera següent:

a) En peces de secció constant i compressió simple, s'han de complir les condicions següents:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (6.34)$$

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (6.35)$$

on:

$\sigma_{c,0,d}$  tensió de càlcul a compressió paral·lela a la fibra;  
 $f_{c,0,d}$  resistència de càlcul a compressió paral·lela a la fibra;  
 $\chi_{c,y}, \chi_{c,z}$  coeficients de vinclament, obtinguts a partir de les expressions següents

$$\chi_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \quad \text{anàleg per a } \chi_{c,z} \quad (6.36)$$

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) \quad \text{anàleg per a } k_z \quad (6.37)$$

on:

$\beta_\chi$  factor associat a la rectitud de les peces, al qual corresponen els valors següents:  
 $\beta_\chi = 0,2$  per a fusta massissa;  
 $\beta_\chi = 0,1$  per a fusta laminada encolada i microlaminada;  
 $\lambda_{rel,y}$  esveltesa relativa segons 6.3.2.1.

- b) Flexocompressió amb moments flectors addicionals a l'esforç de compressió;  
s'han de complir les condicions següents:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.38)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.39)$$

on:

$\sigma_{c,0,d}$  tensió de càlcul a compressió paral·lela;  
 $f_{c,0,d}$  resistència de càlcul a compressió paral·lela;  
 $\sigma_{m,y,d}$  tensió de càlcul a flexió respecte a l'eix y;  
 $f_{m,y,d}$  resistència de càlcul a flexió respecte a l'eix y;  
 $\sigma_{m,z,d}$  tensió de càlcul a flexió respecte a l'eix z;  
 $f_{m,z,d}$  resistència de càlcul a flexió respecte a l'eix z;  
 $k_m$  factor definit en l'apartat 6.1.7;  
 $k_m = 0,7$  (secció rectangular);  
 $\chi_{c,y}$  i  $\chi_{c,z}$  coeficients de vinclament segons 6.3.2.2.

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

Taula 6.1 Valors del factor de vinclament  $\chi_c$  ( $\chi_{c,y}$  o  $\chi_{c,z}$ ), per a les diferents classes resistents de fusta massissa i laminada encolada, en funció de l'esveltesa mecànica i de la classe resistent

Classe resistent	Esveltesa mecànica de la peça																		
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
C14	0,98	0,93	0,86	0,74	0,60	0,48	0,39	0,31	0,26	0,22	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,08	0,07
C16	0,99	0,94	0,87	0,77	0,64	0,51	0,41	0,34	0,28	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07
C18	0,99	0,94	0,88	0,78	0,65	0,53	0,43	0,35	0,29	0,24	0,21	0,18	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
C20	0,99	0,94	0,88	0,78	0,66	0,54	0,43	0,35	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
C22	0,99	0,94	0,88	0,78	0,66	0,53	0,43	0,35	0,29	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
C24	0,99	0,95	0,89	0,80	0,68	0,55	0,45	0,37	0,31	0,26	0,22	0,19	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08
C27	0,99	0,95	0,89	0,80	0,69	0,57	0,46	0,38	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08
C30	0,99	0,95	0,88	0,79	0,67	0,55	0,44	0,36	0,30	0,25	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
C35	0,99	0,95	0,88	0,79	0,67	0,55	0,45	0,36	0,30	0,25	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
C40	0,99	0,95	0,89	0,80	0,69	0,56	0,46	0,38	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08
C45	0,99	0,95	0,89	0,81	0,69	0,57	0,47	0,38	0,32	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09
C50	0,99	0,95	0,89	0,81	0,69	0,57	0,47	0,38	0,32	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,09	0,09
D30	0,99	0,95	0,88	0,79	0,67	0,55	0,44	0,36	0,30	0,25	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
D35	0,99	0,95	0,88	0,79	0,67	0,55	0,45	0,36	0,30	0,25	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
D40	0,99	0,95	0,89	0,80	0,69	0,56	0,46	0,38	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08
D50	1,00	0,96	0,91	0,83	0,73	0,61	0,50	0,42	0,35	0,29	0,25	0,21	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09
D60	1,00	0,96	0,92	0,85	0,76	0,65	0,54	0,45	0,38	0,32	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10
D70	1,00	0,97	0,93	0,87	0,79	0,69	0,58	0,49	0,41	0,35	0,30	0,26	0,22	0,20	0,17	0,16	0,14	0,13	0,11
GL24h	1,00	0,98	0,95	0,89	0,80	0,66	0,54	0,44	0,36	0,30	0,25	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09
GL28h	1,00	0,98	0,95	0,89	0,79	0,65	0,53	0,43	0,35	0,29	0,25	0,21	0,19	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09
GL32h	1,00	0,98	0,94	0,89	0,79	0,65	0,52	0,43	0,35	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09
GL36h	1,00	0,98	0,94	0,89	0,79	0,65	0,53	0,43	0,35	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09
GL24c	1,00	0,98	0,96	0,91	0,84	0,72	0,60	0,49	0,41	0,34	0,29	0,25	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11
GL28c	1,00	0,98	0,95	0,91	0,82	0,70	0,57	0,47	0,39	0,32	0,27	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10
GL32c	1,00	0,98	0,95	0,90	0,82	0,69	0,57	0,46	0,38	0,32	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10
GL36c	1,00	0,98	0,95	0,90	0,81	0,68	0,56	0,45	0,37	0,31	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10

**6.3.3 Bolcada lateral de bigues****6.3.3.1 Consideracions generals**

- 1 No és necessària la comprovació a bolcada lateral a les bigues o peces en què s'impedeix el desplaçament lateral de la peça de forma contínua o gairebé contínua (com en el cas de diafragmes definit a 10.4.1.2).
- 2 En aquest apartat s'inclou la comprovació a bolcada lateral per torsió per als dos casos següents:
  - a) flexió respecte a l'eix fort (y-y), amb moment  $M_{y,d}$ ;
  - b) flexió  $M_{y,d}$  combinada amb un esforç axial de compressió  $N_{c,d}$ .

**6.3.3.2 Definicions**

- 1 Esveltesa relativa a flexió.  
L'esveltesa relativa a flexió,  $\lambda_{rel,m}$ , d'una biga es determina mitjançant l'expressió següent:

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$$

on:

$f_{m,k}$  resistència característica a flexió;

$\sigma_{m,crit}$  tensió crítica a flexió calculada d'acord amb la teoria de l'estabilitat elàstica, utilitzant els valors característics dels mòduls d'elasticitat, que en peces de directriu recta i secció constant es pot obtenir a partir de l'expressió següent:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_k \cdot I_z \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor}}}{\beta_v \cdot L_{ef} \cdot W_y} \quad (6.41)$$

on:

$E_k$  mòdul d'elasticitat longitudinal característic;

$G_{0,k}$  o  $G_k$  mòdul d'elasticitat transversal característic;

$\beta_v$  coeficient que defineix la longitud efectiva a bolcada lateral. Depèn de les condicions de recolzament i de la llei de càrregues, taula 6.2;

$I_z$  moment d'inèrcia respecte a l'eix feble;

$I_{tor}$  mòdul de torsió;

$L_{ef}$  longitud efectiva de bolcada lateral de la biga:

(6.42)

on:

$L$  llum de la biga;

$\beta_v$  coeficient que depèn de les condicions de càrrega i de la restricció dels extrems, obtingut segons la taula 6.2;

$W_y$  mòdul resistent respecte a l'eix fort.

La tensió crítica de flexió en peces de fusta de conífera de directriu recta i secció rectangular es pot obtenir a partir de l'expressió següent:

$$\sigma_{m,crit} = 0,78 \cdot \frac{E_k \cdot b^2}{L_{ef} \cdot h} \quad (6.43)$$

on:

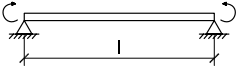
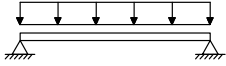
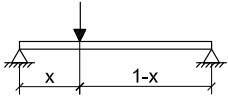
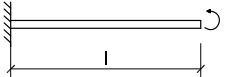
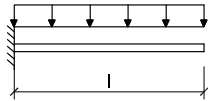
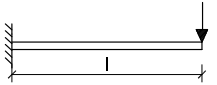
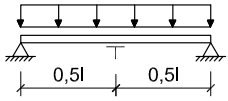
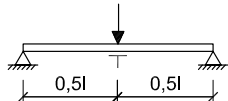
$E_k$  mòdul d'elasticitat longitudinal característic;

$b$  amplada de la secció;

$h$  altura (cantell) de la secció.

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

Taula 6.2 Valors del coeficient  $\beta_v$  per a bigues de secció constant amb diferents condicions de càrrega i de restricció en els extrems

Tipus de càrrega i biga	$\beta_v = L_{ef} / L$
	$\beta_v = 1,00$
	$\beta_v = 0,95$
	$\beta_v = 0,8/\alpha$ $\alpha = 1,35 - 1,4 x(L - x)/L^2$
	$\beta_v = 2,00$
	$\beta_v = 1,20$
	$\beta_v = 1,70$
	$\beta_v = 0,40$
	$\beta_v = 0,25$

Els valors que es donen en aquesta taula són vàlids per a una biga carregada en el seu centre de gravetat i amb la torsió impedida en els recolzaments. Si la càrrega s'aplica al marge comprimit la longitud efectiva  $L_{ef}$  s'incrementa  $2h$ , i si és aplicada al marge traccionat es redueix  $0,5h$ , on  $h$  és el cantell de la peça.

T: secció central amb desplaçament lateral impedit al marge superior.

- 2 Els exemples indicats a la taula 6.2 tenen impedit el desplaçament lateral als recolzaments, i els dos últims casos representats també en un punt intermedi. Generalment, el sistema de

travada en bigues de certa llum immobilitza diversos punts intermedis, i aquests casos no són aplicables directament. En el cas de bigues birecolzades aquesta comprovació es realitza per al tram travat, on el moment és més gran, prenent com a distància entre seccions travades la corresponent al tram central, amb  $\beta\omega=1$ , com si el moment fos constant.

### 6.3.3.3 Comprovació de peces de directriu recta i secció constant

- 1 La comprovació a bolcada lateral no és necessària en bigues amb esveltesa relativa a flexió:

$$(\lambda_{rel,m} \leq 0,75)$$

- 2 Bolcada lateral en flexió simple.

S'ha de complir la condició següent:

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d} \quad (6.44)$$

on:

$\sigma_{m,d}$  tensió de càlcul a flexió;

$f_{m,d}$  resistència de càlcul a flexió;

$k_{crit}$  coeficient de bolcada lateral, obtingut a partir de les expressions següents:

$$\begin{aligned} k_{crit} &= 1 && \text{per a } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ k_{crit} &= 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} && \text{per a } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ k_{crit} &= 1/\lambda_{rel,m}^2 && \text{per a } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{aligned} \quad (6.45)$$

on:

$\lambda_{rel,m}$  esveltesa relativa a flexió (equació 6.40).

A la taula 6.3 es donen els valors de  $k_{crit}$  de peces de secció rectangulars en funció de la classe resistent i del coeficient  $C_e$  definit per l'expressió:

$$C_e = \sqrt{\frac{I_{ef} \cdot h}{b^2}} \quad (6.46)$$

on:

$I_{ef}$  longitud eficaç de bolcada de la biga;

$h$  altura, cantell de la secció;

$b$  amplada de la secció.

- 3 Bolcada lateral en flexocompressió.

Quan actua un moment flector  $M_{y,d}$  (respecte a l'eix fort) combinat amb un esforç axial de compressió  $N_{c,d}$  s'ha de complir la condició següent:

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (6.47)$$

on:

$\sigma_{m,d}$ ,  $f_{m,d}$  i  $k_{crit}$  definits anteriorment a l'equació 6.44;

$\sigma_{c,0,d}$  tensió de càlcul a compressió;

$f_{c,0,d}$  resistència de càlcul a compressió;

$\chi_{c,z}$  coeficient de vinclament per flexió respecte a l'eix z (eix feble) definit a 6.3.2.2.



## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

- 4 En aquest cas també s'ha de comprovar la inestabilitat al vinclament per flexió (vegeu l'apartat 6.3.2.2), ja que en aquest apartat s'ha previst només el vinclament per torsió.

**Taula 6.3 Valors del coeficient de bolcada lateral,  $k_{crit}$ , per a bigues de directriu recta i secció rectangular constant, segons la classe resistent i el coeficient  $C_e$**

Classe resistent	Coeficient d'esveltesa geomètrica $C_e$														
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
<b>C14</b>	1,00	1,00	0,91	0,82	0,73	0,63	0,54	0,45	0,39	0,33	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18
<b>C16</b>	1,00	1,00	0,91	0,82	0,73	0,64	0,54	0,46	0,39	0,34	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18
<b>C18</b>	1,00	1,00	0,91	0,82	0,72	0,63	0,54	0,45	0,38	0,33	0,29	0,25	0,22	0,20	0,18
<b>C20</b>	1,00	0,99	0,90	0,80	0,71	0,61	0,52	0,43	0,37	0,32	0,28	0,24	0,22	0,19	0,17
<b>C22</b>	1,00	0,98	0,88	0,78	0,68	0,59	0,49	0,41	0,35	0,30	0,26	0,23	0,21	0,18	0,16
<b>C24</b>	1,00	0,98	0,88	0,79	0,69	0,59	0,50	0,42	0,36	0,31	0,27	0,23	0,21	0,19	0,17
<b>C27</b>	1,00	0,97	0,87	0,77	0,67	0,57	0,48	0,40	0,34	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16
<b>C30</b>	1,00	0,94	0,83	0,73	0,62	0,52	0,43	0,36	0,31	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14
<b>C35</b>	1,00	0,91	0,81	0,70	0,59	0,48	0,40	0,34	0,29	0,25	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13
<b>C40</b>	1,00	0,90	0,78	0,67	0,56	0,46	0,38	0,32	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13
<b>C45</b>	0,99	0,88	0,76	0,65	0,53	0,43	0,36	0,30	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12
<b>C50</b>	0,98	0,86	0,75	0,63	0,52	0,42	0,34	0,29	0,25	0,21	0,19	0,16	0,14	0,13	0,12
<b>D30</b>	1,00	0,94	0,83	0,73	0,62	0,52	0,43	0,36	0,31	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14
<b>D35</b>	1,00	0,91	0,81	0,70	0,59	0,48	0,40	0,34	0,29	0,25	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13
<b>D40</b>	1,00	0,90	0,78	0,67	0,56	0,46	0,38	0,32	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13
<b>D50</b>	1,00	0,90	0,79	0,68	0,57	0,46	0,38	0,32	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13
<b>D60</b>	1,00	0,90	0,79	0,68	0,57	0,46	0,38	0,32	0,28	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
<b>D70</b>	1,00	0,90	0,79	0,68	0,57	0,47	0,39	0,33	0,28	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
<b>GL24h-c</b>	1,00	1,00	0,96	0,87	0,79	0,70	0,62	0,53	0,45	0,39	0,34	0,30	0,26	0,24	0,21
<b>GL28h-c</b>	1,00	1,00	0,94	0,85	0,76	0,67	0,58	0,49	0,42	0,36	0,32	0,28	0,25	0,22	0,20
<b>GL32h-c</b>	1,00	1,00	0,92	0,83	0,74	0,65	0,56	0,47	0,40	0,35	0,30	0,26	0,23	0,21	0,19
<b>GL36h-c</b>	1,00	1,00	0,91	0,81	0,72	0,63	0,53	0,45	0,38	0,33	0,29	0,25	0,22	0,20	0,18

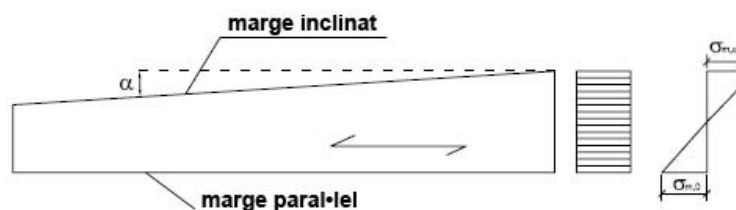
## 6.4 Esgotament de seccions en peces de cantell variable o corbes de fusta laminada encolada o microlaminada

### 6.4.1 Consideracions generals

- 1 En aquest apartat s'analitzen aspectes singulars de l'anàlisi i la comprovació, com ara l'efecte del desviament de la fibra en peces de cantell variable i les tensions perpendiculars a la direcció de la fibra que es presenten en peces de cantell variable o corbes. També es considera la pèrdua de resistència a flexió que es deriva del corbament de les làmines.

### 6.4.2 Bigues de cantell variable i cares sense canvi de pendent

- 1 En aquestes bigues (figura 6.9) es presenten, en les seccions transversals al marge horitzontal (marge paral·lel a les làmines), lleis de distribució de tensions normals degudes a la flexió que no són lineals. També les propietats resistents estan afectades pel desviament de la fibra al marge inclinat.



**Figura 6.9 Biga a una aigua (es denomina marge paral·lel la cara que marca la direcció del laminat, i inclinat a l'oposat, sota la consideració que es manté el sistema de laminació. Hi ha altres formes de laminació, però no es preveuen en aquest document bàsic)**

- 2 A les fibres extremes les tensions de càlcul a flexió al marge paral·lel i a l'inclinat amb relació a la direcció de la fibra,  $\sigma_{m,0,d}$  i  $\sigma_{m,\alpha,d}$ , respectivament, han de complir les condicions següents:

$$\sigma_{m,0,d} \leq f_{m,d} \quad \text{al marge paral·lel respecte a la direcció de la fibra} \quad (6.49)$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} \leq k_{m,\alpha} \cdot f_{m,d} \quad \text{al marge inclinat respecte a la direcció de la fibra} \quad (6.50)$$

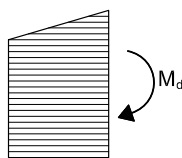
on:

$f_{m,d}$  resistència de càlcul a flexió;

$k_{m,\alpha}$  coeficient definit a continuació.

Si les tensions són de tracció, figura 6.10,

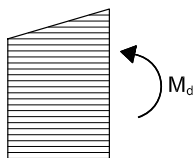
$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{f_{m,d}}{0,75 \cdot f_{v,d}} \cdot \operatorname{tg} \alpha \right)^2 + \left( \frac{f_{m,d}}{f_{t,90,d}} \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \right)^2}} \quad (6.51)$$



**Figura 6.10 Tensions de tracció al marge inclinat (la zona ratllada representa la direcció del laminat)**

Si les tensions són de compressió, figura 6.11,

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{f_{m,d}}{1,5 \cdot f_{v,d}} \cdot \operatorname{tg} \alpha \right)^2 + \left( \frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \right)^2}} \quad (6.52)$$



**Figura 6.11 Tensions de compressió al marge inclinat (la zona ratllada representa la direcció del laminat)**

### 6.4.3 Biga a dues aigües o amb canvi de pendent en una de les cares

1 Les comprovacions que s'indiquen a continuació són aplicables únicament a peces de fusta laminada encolada o de fusta microlaminada. Es defineix la zona de vèrtex, segons la figura 6.12, com una zona localitzada al canvi de pendent; la resta correspon a la semiobertura. S'ha de comprovar:

a) **a les semiobertures:** en els dos trams de biga amb cantell variable, figura 6.12, s'han de realitzar les comprovacions indicades a l'apartat 6.4.2;

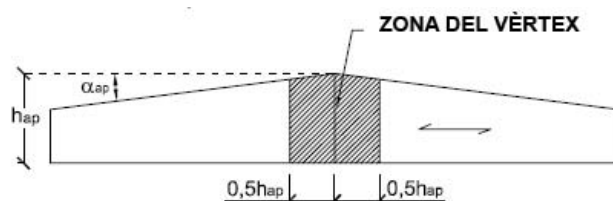


Figura 6.12. Biga a dues aigües

b) **a la zona del vèrtex** (zona ratllada de la figura 6.12. El ratllat es fa només per indicar la zona, ja que el laminat se suposa que és paral·lel a la cara inferior amb pendent constant):

i) tensions normals degudes a la flexió a la zona del vèrtex:

– a la zona del vèrtex, la tensió de càlcul a flexió,  $\sigma_{m,d}$  ha de complir la condició següent:

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \quad (6.53)$$

on:

$f_{m,d}$  resistència de càlcul a flexió.

– la tensió de flexió a la secció central de la zona de vèrtex,  $\sigma_{m,d}$ , es pot obtenir a partir de l'equació següent (la clàssica fórmula de resistència de materials modificada pel coeficient  $k_1$ ):

$$\sigma_{m,d} = k_1 \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} \quad (6.54)$$

on:

$$k_1 = 1 + 1,4 \operatorname{tg} \alpha + 5,4 \operatorname{tg}^2 \alpha \quad (6.55)$$

$M_{ap,d}$  moment flector màxim de càlcul en la secció del vèrtex;

$b$  amplada de la secció;

$h_{ap}$  altura de secció en el vèrtex de la biga, figura 6.12;

$\alpha$  angle del faldó, figura 6.12.

ii) tensions de tracció perpendicular a la fibra:

– la tensió de càlcul màxima de tracció perpendicular a la fibra,  $\sigma_{t,90,d}$ , ha de complir la condició següent:

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot f_{t,90,d} \quad (6.56)$$

on:

$$\sigma_{t,90,d} = 0,2 \operatorname{tg} \alpha_{ap} \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} - 0,6 \cdot \frac{p_d}{b} \quad (6.57)$$

$k_{dis} = 1,4$  coeficient que té en compte l'efecte de la distribució de tensions de tracció perpendicular a la zona de vèrtex;

$k_{vol}$  factor de volum definit a l'apartat 2.2.1.2. En aquest cas,  $V$  és el volum, en  $m^3$ , de la zona de vèrtex, figura 6.12. Com a valor màxim de  $V$  s'ha de prendre  $2/3$  del volum total de la biga;  $V_0 = 0,01m^3$ ;

- $f_{t,90,d}$  resistència de càlcul a tracció perpendicular a la fibra;  
 $p_d$  càrrega distribuïda de compressió sobre la zona del vèrtex al marge superior de la biga;  
 $b$  amplada de la secció transversal de la biga.

2 A més, s'ha de realitzar la comprovació a tallant segons l'apartat 6.1.8.

#### 6.4.4 Bigues amb parts del traçat corbades

1 Aquest apartat es refereix a les bigues l'alçat de les quals es correspon amb un dels dos representats a les figures 6.13 i 6.14. S'exemplifica en casos simètrics en què la zona de vèrtex, corresponent al traçat en corba, és al centre.

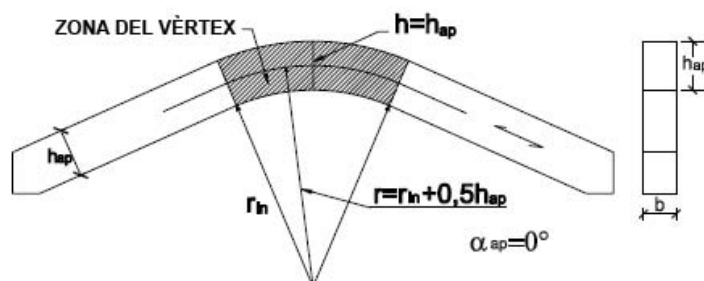


Figura 6.13 Biga corba de cantell constant (la laminació és paral·lela a les cares)

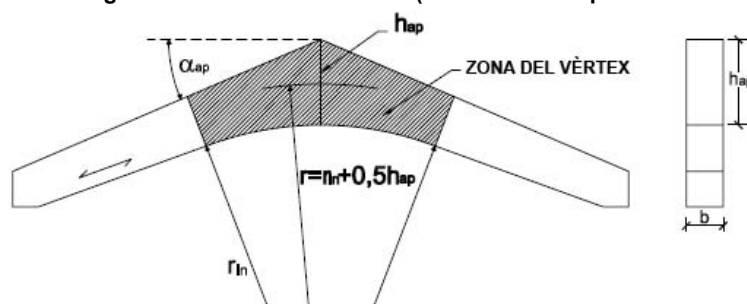


Figura 6.14 Biga a dues aigües amb sotavolta corba (la laminació s'interromp a la zona del vèrtex, en el canvi de pendent, però no a les zones pròximes a la sotavolta)

S'han d'efectuar les comprovacions següents:

- a) en els trams de directriu recta de la biga (exterior a la zona del vèrtex):
  - i) en els dos trams de directriu recta i cantell constant de la biga, figura 6.13, s'han de realitzar les comprovacions ja indicades per a peces de secció constant (apartats 6.1, 6.2 i 6.3);
  - ii) en els trams de directriu recta i cantell variable de la biga, figura 6.14, s'han de realitzar, a més de les comprovacions ja indicades per a peces de secció constant (apartats 6.1, 6.2 i 6.3), les de l'apartat 6.4.2 per a peces de cantell variable.
  - iii) en el tram de directriu recta s'ha de realitzar una comprovació a tallant segons l'apartat 6.1.8.
- b) a la zona del vèrtex (zona ratllada de les figures 6.13 i 6.14) s'han de realitzar les comprovacions següents:
  - i) tensions de flexió.

La tensió de càlcul a flexió,  $\sigma_{m,d}$ , ha de complir la condició següent:

$$\sigma_{m,d} \leq k_r \cdot f_{m,d} \quad (6.58)$$

on:

$$\sigma_{m,d} = k_l \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} \quad (6.59)$$

on:

$$k_l = k_1 + k_2 \left( \frac{h_{ap}}{r} \right) + k_3 \left( \frac{h_{ap}}{r} \right)^2 + k_4 \left( \frac{h_{ap}}{r} \right)^3 \quad (6.60)$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \operatorname{tg} \alpha + 5,4 \operatorname{tg}^2 \alpha \quad (6.61)$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \operatorname{tg} \alpha \quad (6.62)$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \operatorname{tg} \alpha - 7,8 \operatorname{tg}^2 \alpha \quad (6.63)$$

$$k_4 = 6 \operatorname{tg}^2 \alpha \quad (6.64)$$

$M_{ap,d}$  moment flector de càlcul a la secció del vèrtex;

$b$  amplada de la secció;

$h_{ap}$  altura de secció en el vèrtex de la biga, figures 6.13 i 6.14;

$\alpha$  angle definit a les figures 6.13 i 6.14;

$f_{m,d}$  resistència de càlcul a flexió;

$k_r$  coeficient de curvatura que té en compte la pèrdua de resistència de la fusta derivada del corbament de les làmines en el procés de fabricació. Adopta els valors següents:

$$k_r = \begin{cases} 1 & \text{per a } \frac{r_{in}}{t} \geq 240 \\ 0,76 + 0,001 \frac{r_{in}}{t} & \text{per a } \frac{r_{in}}{t} < 240 \end{cases} \quad (6.65)$$

$$k_r = \begin{cases} 1 & \text{per a } \frac{r_{in}}{t} \geq 240 \\ 0,76 + 0,001 \frac{r_{in}}{t} & \text{per a } \frac{r_{in}}{t} < 240 \end{cases} \quad (6.66)$$

on:

$r_{in}$  radi de la sotavolta de la biga;

$$r = r_{in} + 0,5 \cdot h_{ap}$$

$t$  gruix de la làmina.

ii) tensions de tracció perpendicular a la fibra.

La tensió màxima de càlcul a tracció perpendicular a la fibra,  $\sigma_{t,90,d}$ , ha de complir la condició següent:

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot f_{t,90,d} \quad (6.67)$$

on:

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} - 0,6 \frac{p_d}{b} \quad (6.68)$$

on:

$p_d$  càrrega distribuïda (de compressió) aplicada a la zona de vèrtex sobre el marge superior de la biga;

$b$  amplada de la biga;

$M_{ap,d}$  moment flector de càlcul a la secció de vèrtex;

$h_{ap}$  altura de la secció al vèrtex de la biga, figures 6.13 i 6.14.

$$k_p = k_5 + k_6 \left( \frac{h_{ap}}{r} \right) + k_7 \left( \frac{h_{ap}}{r} \right)^2 \quad (6.69)$$

$$k_5 = 0,2 \operatorname{tg} \alpha_{ap} \quad (6.70)$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \operatorname{tg} \alpha_{ap} + 2,6 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} \quad (6.71)$$

$$k_7 = 2,1 \operatorname{tg} \alpha_{ap} - 4 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} \quad (6.72)$$

$k_{vol}$  factor de volum definit a l'apartat 2.1.1.2, equació 2.3. En aquest cas, V és el volum, en  $m^3$ , de la zona de vèrtex, figures 6.13 i 6.14. Com valor màxim de V s'ha de prendre 2/3 del volum total de la biga;  $V_0 = 0,01 m^3$ ;

$k_{dis}$  coeficient de distribució que adopta els valors següents:  
= 1,4 per a la biga representada a la figura 6.13;  
= 1,7 per a la biga representada a la figura 6.14;

$f_{t,90,d}$  resistència de càlcul a tracció perpendicular a la fibra.

$$r = r_{in} + 0,5h_{ap}$$

- 3 A més, s'ha de realitzar la comprovació a tallant segons l'apartat 6.1.8.

## 6.5 Peces rebaixades

### 6.5.1 Principis generals

- 1 L'existència d'un rebaix implica una concentració de tensions. Se'n pot evitar la comprovació en els casos següents:
- sol·licitacions axials de tracció o compressió paral·lela a la fibra;
  - sol·licitació de flexió que provoqui traccions a la zona del rebaix si el seu pendent no és superior a 1:10 (l:i), figura 6.15 (esquerra);
  - sol·licitació de flexió que provoqui compressions a la zona del rebaix, figura 6.15 (dreta).

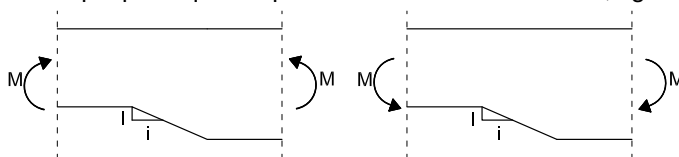


Figura 6.15 Flexió a la zona rebaixada. Esquerra: tensions de tracció al rebaix; dreta: tensions de compressió al rebaix

### 6.5.2 Bigues amb rebaix a la zona de recolzament

- 1 A les bigues amb els extrems rebaixats s'ha de tenir en compte la influència de la concentració de tensions, figura 6.16. Per a les bigues de secció rectangular amb la fibra sensiblement paral·lela a l'eix aquesta influència s'obté fent la comprovació següent:

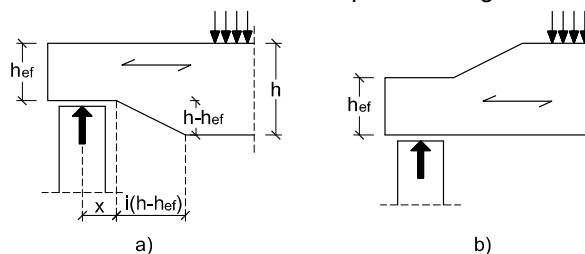


Figura 6.16 Extrems rebaixats de bigues

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V_d}{b \cdot h_{ef}} \leq k_v \cdot f_{v,d} \quad (6.73)$$

on:

$V_d$  esforç tallant de càlcul a la biga;

$h_{ef}$  cantell eficaç, vegeu la figura 6.16;

$k_v$  factor de reducció que adopta els valors següents:

- en el recolzament extrem de bigues amb el rebaix a la part superior, figura 6.16.b;

$$k_v = 1$$

- en el recolzament extrem de bigues amb el rebaix a la part inferior, figura 6.16.a.

$$k_v = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ k_n \cdot \left( 1 + \frac{1,1 \cdot i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right) \\ \sqrt{h} \cdot \left( \sqrt{\alpha \cdot (1 - \alpha)} + 0,8 \cdot \frac{x}{h} \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right) \end{array} \right. \quad (6.74)$$

i defineix la inclinació del rebaix, figura 6.16.a;

h cantell de la biga en mm, figura 6.16.a;

x distància des de l'eix del recolzament fins al final del rebaix, figura 6.16.a.

$$\alpha = h_{ef} / h$$

$$k_n = \begin{cases} 4,5 & \text{Per a fusta microlaminada} \\ 5,0 & \text{Per a fusta massissa} \\ 6,5 & \text{Per a fusta laminada encollada} \end{cases} \quad (6.75)$$

## 6.6 Peces amb forats

- 1 La comprovació de la resistència a tallant d'una peça amb forats com els indicats a la figura 6.17, i sota les condicions següents:

$$l_v \geq h$$

$$l_z \geq \max(h, 300 \text{ mm})$$

$$l_a \geq h/2$$

$$h_{ru} \geq 0,25 \cdot h$$

$$h_{rl} \geq 0,25 \cdot h$$

$$a \leq h$$

$$h_d \leq 0,4 \cdot h$$

$$r \geq 15 \text{ mm}$$

es basa en la comprovació d'una biga equivalent amb un entallament tal com s'il·lustra a la figura 6.18 i utilitzant el mètode de comprovació exposat a l'apartat 6.5.2.

Com a model d'anàlisi es considera el model usual simplificat per a biga Vierendeel, de forma que se suposa que els moments locals dels cordons són nuls al centre de la barra, i a més se suposa que el tallant de cada cordó és proporcional a la seva àrea. D'aquesta manera, la secció està sotmesa a uns tallants  $V_u$  i  $V_l$ , respectivament, definits per les expressions següents:

$$V_u = \frac{V_d \cdot h_{ru}}{h_{ru} + h_{rl}} \quad (6.76)$$

$$V_l = \frac{V_d \cdot h_{rl}}{h_{ru} + h_{rl}} \quad (6.77)$$

on:

$V_d$  tallant total de càlcul a la secció, figura 6.18.

- 2 L'anàlisi de l'estructura s'ha de fer d'acord amb el model anterior de biga Vierendeel. En els casos hiperestàtics el projectista ha de revisar la correcció de les hipòtesis simplificades adoptades, ja que en alguns casos els punts de moments locals nuls dels cordons estan molt allunyats dels punts intermedis; en tot cas, l'elecció del model d'anàlisi queda sota el seu criteri i responsabilitat.

- 3 En el cas de 3 de forma circular, d'acord amb el model simplificat exposat, la comprovació de la resistència a tallant s'ha de realitzar considerant un pendent de l'entallament d'1:1, figura 6.18.

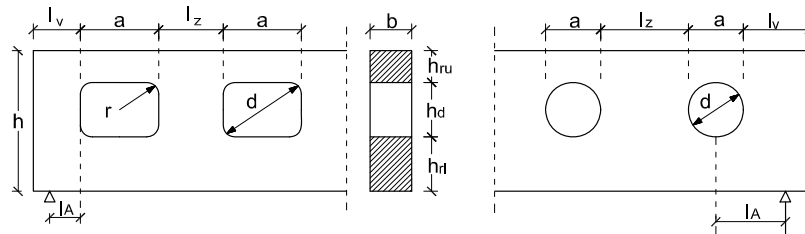


Figura 6.17 Dimensions del forat i distàncies

- 4 En les peces en què no es compleixin les hipòtesis de partida del model d'anàlisi, o sota criteri del projectista, s'han de considerar els principis generals del cap. 5.
- 5 Sota les hipòtesis exposades a l'apartat 2, no és necessari realitzar cap comprovació per als forats amb una dimensió interior,  $d$ , inferior a  $0,1 \cdot h$ .

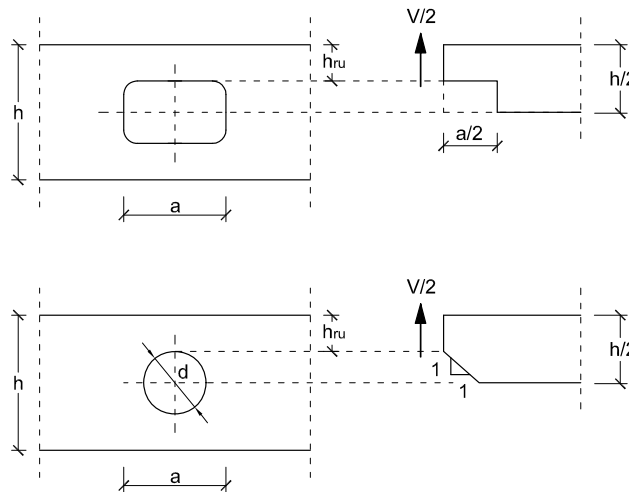


Figura 6.18 Les bigues amb forats situats al centre de la biga s'han de comprovar a tallant considerant un efecte equivalent com si es tractés d'un entallament a la biga. A l'esquerra es representen els forats i a la dreta, l'entallament equivalent



## 7 Estats límit de servei

### 7.1 Lliscament dels acoblaments

- 1 El mòdul de lliscament  $K_{ser}$ , quocient entre la força aplicada en servei i el lliscament local de l'acoblament, amb la hipòtesi de règim lineal i elàstic, i per als estats límit de servei, es pot determinar mitjançant assajos segons la norma UNE EN 26891 (mètode de determinació de  $k_s = K_{ser}$ ) o obtenir de la manera indicada al paràgraf següent.
- 2 Per a acoblaments de tipus clavilla col·locats de forma ortogonal a les peces que uneixen i a més a la direcció de la fibra, sota sol·licitacions de servei, el mòdul de lliscament  $K_{ser}$  per pla de cisallament i per element de fixació es pot elegir de la taula 7.1 amb la densitat mitjana,  $\rho_m$  en  $\text{kg/m}^3$ , i  $d$  o  $d_c$ , en mm (on  $d$  és el diàmetre de la clavilla i  $d_c$ , el diàmetre del connector, tal com es defineix a la norma UNE EN 13271).

Taula 7.1 Valors de  $K_{ser}$  (=  $k_s$  a la norma UNE EN 26891) per a elements de fixació de tipus clavilla en N/mm

Tipus d'element de fixació	Fusta – fusta Tauler - fusta
Passadors Perns sense amplitud <sup>(1)</sup> Tirafons Claus amb forat previ	$\rho_m^{1,5} \cdot d / 23$
Claus sense forat previ	$\rho_m^{1,5} \cdot d^{0,8} / 30$
Grapes	$\rho_m^{1,5} \cdot d^{0,8} / 80$
Connectors de placa (tipus A segons norma UNE EN 912) Connectors d'anell (tipus B segons norma UNE EN 912)	$\rho_m \cdot d_c / 2$
Connectors dentats Connectors d'una cara (tipus C1 a C9 i C11 segons norma UNE EN 912) Connectors de doble cara (tipus C10 segons norma UNE EN 912)	$\rho_m \cdot d_c / 4$ $\rho_m \cdot d_c / 2$

<sup>(1)</sup> L'amplitud s'ha d'afegir independentment de la deformació.

Si les densitats mitjanes de les dues peces acoblades derivades de la fusta són diferents ( $\rho_{m,1}$ ,  $\rho_{m,2}$ ), s'ha de prendre com a valor de  $\rho_m$  el següent:  $\rho_m = \sqrt{\rho_{m,1} \cdot \rho_{m,2}}$

Per a acoblaments entre fusta-acer o fusta-formigó,  $K_{ser}$  s'ha de multiplicar per 2.

### 7.2 Vibracions

#### 7.2.1 Generalitats

- 1 A les estructures convencionals, i si es compleixen les condicions de rigidesa sota càrrega estàtica establertes al CTE, no és necessari considerar en l'anàlisi l'estat límit de vibració.
- 2 Per a l'anàlisi s'han d'utilitzar els valors mitjans de les propietats de rigidesa.

## 8 Acoblaments

### 8.1 Introducció

- 1 Els acoblaments inclosos en aquest capítol corresponen als acoblaments entre peces de fusta, taulers i xapes d'acer mitjançant els sistemes d'acoblament següents:
  - a) Elements mecànics de fixació de tipus clavilla (claus, perns, passadors, tirafons i grapes);
  - b) Elements mecànics de fixació de tipus connectors;
  - c) Acoblaments tradicionals.

### 8.2 Principis generals del càlcul d'acoblaments

#### 8.2.1 Capacitat de càrrega

- 1 En general, el valor característic de la capacitat de càrrega i la rigidesa dels acoblaments s'ha de determinar mitjançant assaig d'acord amb les normes UNE EN 1380, UNE EN 1381, UNE EN 26891 i UNE EN 28970. Si a la norma es descriuen mètodes d'assaig per tracció i compressió, la capacitat de càrrega característica s'ha d'obtenir en tracció. Per als casos més freqüents s'inclouen en aquest capítol fórmules per a la determinació de les capacitats de càrrega.

#### 8.2.2 Acoblaments amb múltiples elements o tipus de fixació

- 1 En un acoblament amb diversos elements de fixació del mateix tipus i dimensions, la capacitat de càrrega del conjunt és menor, tal com s'indica a 8.2.6, que la suma de les capacitats de càrrega de cada element de fixació.
- 2 Si en un acoblament la càrrega es transmet mitjançant més d'un tipus de fixació, o quan la rigidesa dels acoblaments en els plans de tall d'un acoblament amb diversos plans de cisallament és diferent, la capacitat de càrrega de cada tipus està condicionada per la compatibilitat de les deformacions. Si es realitza un estudi especial, es recomana no barrejar tipus ni dimensions (és a dir, elements amb rigidesa diferent), llevat que la seva anàlisi es reculli expressament en aquest DB.

#### 8.2.3 Acoblaments amb múltiples plans de cisallament

- 1 Per poder combinar la resistència dels plans de cisallament individuals en un acoblament de múltiples plans de cisallament, el mode de fallada crítica dels elements de fixació en els plans de cisallament respectius ha de ser compatible amb els restants.

#### 8.2.4 Acoblaments en angle sol·licitats per forces axials

- 1 En aquests acoblaments, i per causa que la força actua amb un angle  $\alpha$  respecte a la direcció de la fibra en una de les peces, s'ha de tenir en compte l'efecte de fenedura per causa de les tensions provocades per un component ( $F_d \cdot \sin \alpha$ ), perpendicular a la fibra (vegeu la figura 8.1).

- 2 En aquest cas s'ha de complir la condició següent:

$$F_{v,Ed} \leq F_{90,Rd} \quad (8.1)$$

on:

$$F_{v,Ed} = \max \begin{cases} F_{v,Ed,1} \\ F_{v,Ed,2} \end{cases} \quad (8.2)$$

on:

$F_{v,Ed,1}$ ,  $F_{v,Ed,2}$  valors de càlcul dels esforços tallants a cada costat de l'acoblament, figura 8.1;  
 $F_{90,Rd}$  valor de càlcul enfront de la fenedura, calculada a partir del seu valor característic,  $F_{90,Rk}$ , segons l'equació 8.3.

- 3 En coníferes i pollancre, la capacitat de càrrega característica enfront de la fenedura per a la disposició de la figura 8.1 està definida per l'expressió següent:

$$F_{90,Rk} = 14 \cdot b \cdot w \cdot \sqrt{\frac{h_e}{1 - \frac{h_e}{h}}} \quad (8.3)$$

on:

$$w = \begin{cases} \left(\frac{w_{pl}}{100}\right)^{0,35} & \geq 1 \text{ per a plaques dentades} \\ 1 & \text{per a la resta} \end{cases} \quad (8.4)$$

on:

$F_{90,Rk}$  valor característic de la capacitat de càrrega enfront de la fenedura, [N];  
 $h_e$  distància des del marge carregat de la peça central fins a l'eix de l'element mecànic de fixació més allunyat, [mm];  
 $b$  gruix de la peça central, [mm];  
 $h$  cantell de la peça central, [mm];  
 $w$  factor de modificació;  
 $w_{pl}$  amplada de la placa dentada en direcció paral·lela a la fibra, [mm].

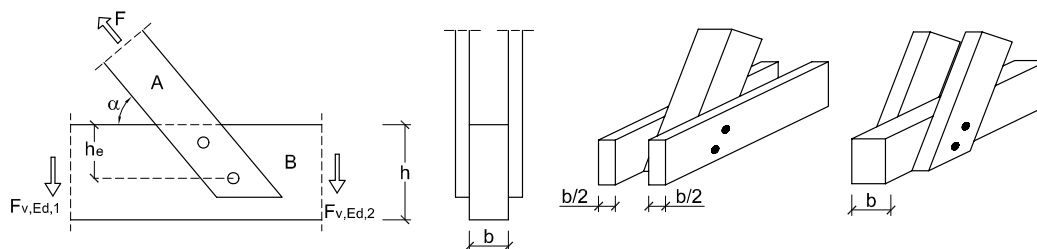


Figura 8.1 Força obliqua transmesa en un acoblament

### 8.2.5 Inversió d'esforços

- 1 En cas que la sol·licitació a les peces oscil·li entre un valor de tracció  $F_{t,Ed}$  i de compressió  $F_{c,Ed}$ , i que a més el seu origen siguin accions de llarga o mitjana durada (és a dir, que si no es consideren aquest tipus d'accions en la combinació no es produeix inversió d'esforços), s'ha de dimensionar l'acoblament per als dos valors següents:  $F_{t,Ed} + 0,5 \cdot F_{c,Ed}$  i  $F_{c,Ed} + 0,5 \cdot F_{t,Ed}$ , en valors absoluts, per a tracció i compressió, respectivament.

### 8.2.6 Reducció de la capacitat de càrrega de l'acoblament en funció del nombre d'elements de fixació que el formen (nombre eficaç)

- 1 La capacitat de càrrega característica eficaç d'un acoblament amb diversos elements de fixació del mateix tipus i diàmetre,  $F_{v,ef,Rk}$ , s'obté de l'expressió següent:

$$F_{v,ef,Rk} = n_{ef} \cdot F_{v,Rk} \quad (8.5)$$

on:

$F_{v,ef,Rk}$  valor característic de la capacitat de càrrega eficaç de l'acoblament;

$n_{ef}$  nombre eficaç dels elements de fixació alineats amb la càrrega, que es defineix posteriorment per a cada tipus d'element de fixació;

$F_{v,Rk}$  valor característic de la capacitat de càrrega d'un element de fixació.

## 8.3 Acoblaments de tipus clavilla

- 1 Dins de la denominació de clavilla s'inclouen els elements de fixació mecànics següents: claus, grapes, pernys, passadors i tirafons.

### 8.3.1 Capacitat de càrrega lateral

- 1 El valor característic de la capacitat de càrrega lateral d'un element mecànic de fixació,  $F_{v,Rk}$ , s'ha de prendre com el valor menor dels obtinguts a cada grup d'expressions corresponents a les diferents opcions d'acoblaments.

#### 8.3.1.1 Acoblaments fusta amb fusta i tauler amb fusta

- 1 Cisallament simple:

$$f_{h,1k} \cdot t_1 \cdot d \quad (8.6)$$

$$f_{h,2k} \cdot t_2 \cdot d \quad (8.7)$$

$$\frac{f_{h,1k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \left[ \sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2\right) + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1}\right) \right] \quad (8.8)$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[ \sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4,5 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \right] \quad (8.9)$$

$$1,05 \cdot \frac{f_{h,1k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[ \sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4,5 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] \quad (8.10)$$

$$1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1k} \cdot d} \quad (8.11)$$

- 2 Cisallament doble:

$$f_{h,1k} \cdot t_1 \cdot d \quad (8.12)$$

$$0,5 \cdot f_{h,2k} \cdot t_2 \cdot d \quad (8.13)$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[ \sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \right] \quad (8.14)$$

$$1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1k} \cdot d} \quad (8.15)$$

on:

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} \quad (8.16)$$

on:

$d$  diàmetre de l'element de fixació;

$t_i$  gruix del tauler o de la peça o profunditat de penetració, referida a la peça 1 o 2, vegeu els apartats 8.3.2 a 8.3.6;

$f_{h,i,k}$  resistència característica a l'aplatament a la peça  $i$ ; vegeu els apartats 8.3.1.1.2 i 8.3.2.1.3;

$M_{y,Rk}$  moment plàstic característic, vegeu els apartats 8.3.2 a 8.3.6;

$F_{v,Rk}$  capacitat de càrrega per pla de tallant i per element de fixació;

Les capacitats de càrrega més altes s'obtenen en els mecanismes de trencament on la ròtula plàstica de la clavilla i la tensió d'aplatament de la fusta s'assoleixen de forma simultània. Per a això es recomana que la clavilla penetri entre 10 i 12 diàmetres a la fusta a cadascuna de les peces a unir.

- 3 En cisallament doble, el subíndex 1 correspon a les peces laterals i el subíndex 2, a la peça central.
- 4 En acoblaments a cisallament simple, el valor característic de la capacitat de càrrega a l'arrencada,  $F_{ax,Rk}$ , es pren com el més baix dels corresponents a les capacitats de càrrega de les dues peces.
- 5 El valor característic de la resistència a l'aplatament,  $f_{h,k}$ , es pot obtenir, en aquest capítol, en funció del tipus de clavilla i el tipus de material. En casos no descrits es pot recórrer a les normes EN 383 i UNE EN 14358.
- 6 El valor característic del moment plàstic,  $M_{y,Rk}$ , es pot obtenir, en aquest capítol, per a seccions quadrades i circulars massisses d'acer. En casos no coberts es pot determinar d'acord amb les normes UNE EN 409 i UNE EN 14358.
- 7 Els diferents modes de fallada, corresponents a cada expressió, es representen gràficament a la figura 8.2.

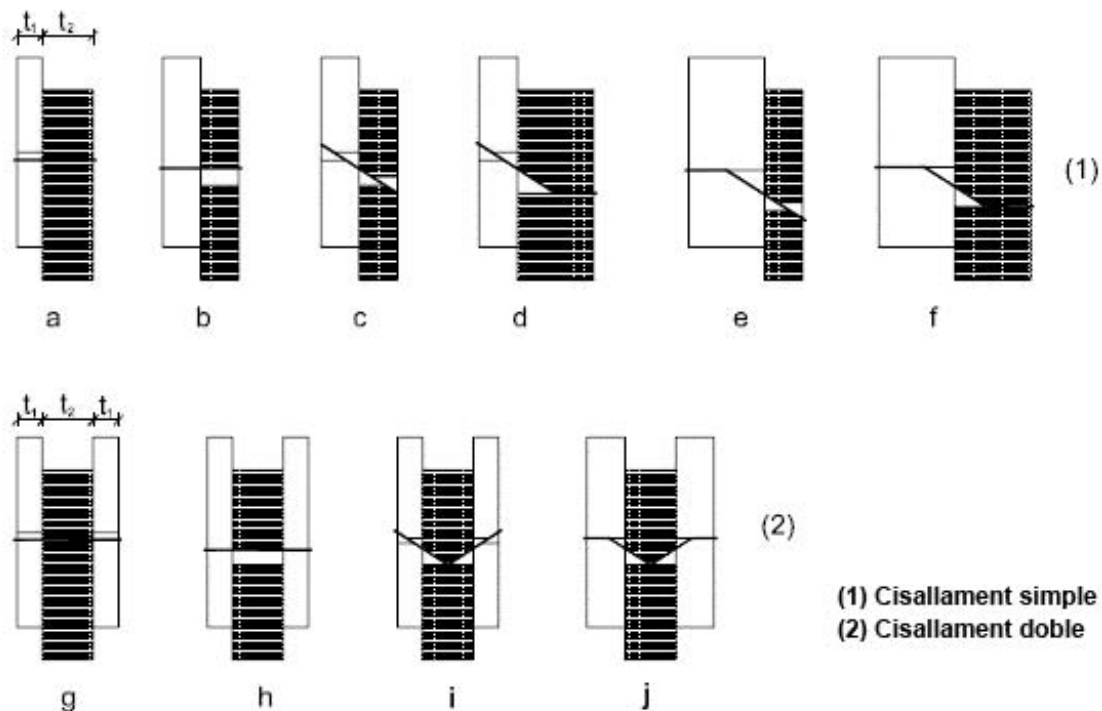


Figura 8.2 Modes de fallada en acoblaments de fusta amb fusta i de fusta amb tauler

### 8.3.1.2 Acoblaments d'acer amb fusta

- 1 El valor característic de la capacitat de càrrega dels acoblaments entre acer i fusta depèn del gruix de les plaques d'acer. Les plaques amb gruix inferior o igual a  $0,5 \cdot d$  es classifiquen com a plaques primes, i les plaques amb gruix superior o igual a  $d$ , amb una tolerància en el diàmetre del forat inferior a  $-0,1 \cdot d$ , es classifiquen com a plaques gruixudes. El valor característic de la capacitat de càrrega dels acoblaments amb plaques d'acer amb gruix intermedi entre les primes i les gruixudes s'ha de calcular mitjançant interpolació lineal entre els dos casos.
- 2 S'ha de comprovar la resistència de la pròpia placa d'acer. Si es respecten les distàncies als marges derivats de la fusta, es pot comprovar a partir d'àrea resistent equivalent igual a  $a \cdot d \cdot t$ , on  $d$  és el diàmetre i  $t$ , el gruix, i tenint en compte una tensió de càlcul de  $(0,53 \cdot f_y)$  (on  $f_y$  és la tensió al límit elàstic de l'acer de la placa).
- 3 Cisallament simple:

- a) placa prima ( $t \leq 0,5 \cdot d$ );

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 0,4 \cdot f_{h,1k} \cdot t_1 \cdot d \\ 1,15 \cdot \sqrt{2} \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1k} \cdot d \end{array} \right] \quad (8.17)$$

- b) placa gruixuda ( $t \geq d$ ).

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} f_{h,1k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1k} \cdot d} \\ f_{h,1k} \cdot t_1 \cdot d \end{array} \right] \quad (8.19)$$

- 4 Cisallament doble:

- a) peça central d'acer de qualsevol gruix;

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} f_{h,1k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,1k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1k} \cdot d} \end{array} \right] \quad (8.22)$$

- b) peça central de fusta:

- i) placa prima ( $t \leq 0,5 \cdot d$ );

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,2k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,15 \cdot \sqrt{2} \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2k} \cdot d \end{array} \right] \quad (8.25)$$

- ii) placa gruixuda ( $t \geq d$ ).

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,2k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,15 \cdot \sqrt{2} \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2k} \cdot d \end{array} \right] \quad (8.27)$$

on:

$F_{v,Rk}$  capacitat de càrrega per pla de tall i element de fixació;

$d$  diàmetre de l'element de fixació;

$t_i$  gruix del tauler o de la peça o profunditat de penetració, referida a la peça 1 o 2, vegeu els apartats 8.3.2 a 8.3.6;

$f_{h,i,k}$  resistència característica a l'aplatament a la peça  $i$ ;

$M_{y,Rk}$  moment plàstic característic, vegeu els apartats 8.3.2 a 8.3.6.

$F_{ax,Rk}$  capacitat de càrrega a l'extracció de l'element de fixació;

- 5 Els diferents modes de fallada, corresponents a cada expressió, es representen gràficament a la figura 8.3.

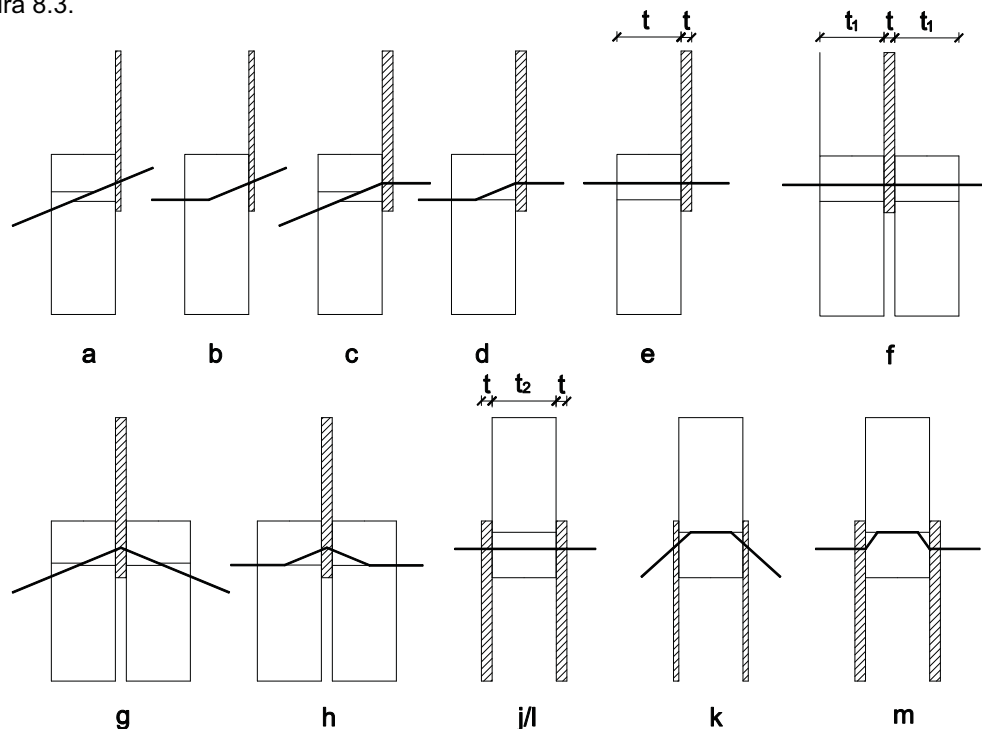


Figura 8.3 Modes de fallada als acoblaments entre acer i fusta

- 6 S'ha de tenir en compte que la capacitat de càrrega dels acoblaments en testa es pot reduir per la possible fallada del perímetre que recull el grup d'elements de fixació. En l'annex H s'inclou un mètode per realitzar aquesta anàlisi.
- 7 De la mateixa manera que a 8.3.1.1, a les fórmules dels apartats 3 i 4 s'ha prescindit de l'increment de càrrega per fricció. No obstant això, si així es desitja, s'ha de considerar vàlid l'ús de les equacions de la norma UNE ENV-1995 que inclouen l'efecte de la fricció, sempre que es tinguin en compte les importants deformacions que es produeixen.

### 8.3.2 Claus

#### 8.3.2.1 Càrrega lateral

##### 8.3.2.1.1 Principis generals

- 1 La capacitat de càrrega lateral s'obté mitjançant l'aplicació de les regles definides a l'apartat 8.3.1, amb el significat següent dels símbols:
- $t_1$  en cisallament simple és el gruix de la peça corresponent al cap del clau, i en cisallament doble és el valor menor dels dos següents: gruix de la peça de cap o penetració a la peça de punta (vegeu la figura 8.4).
  - $t_2$  penetració a la peça de punta en cisallament simple o gruix de la peça central en cisallament doble.

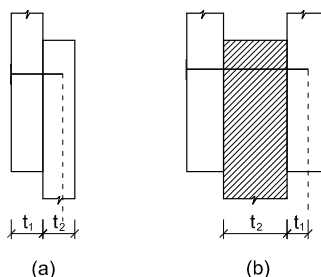


Figura 8.4 Definició de  $t_1$  i  $t_2$ . a) cisallament simple, b) cisallament doble

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

- 2 Quan la densitat característica de la fusta sigui superior o igual a  $500 \text{ kg/m}^3$  o quan el diàmetre del clau sigui superior a 8 mm, s'ha de realitzar un forat previ a la fusta.
- 3 En claus de secció quadrada, s'ha de prendre com a diàmetre  $-d-$  el costat del quadrat.
- 4 Moment plàstic:

En claus comuns de fust llis de filferro d'acer amb una resistència mínima a tracció del filferro amb què estan fabricats de  $600 \text{ N/mm}^2$ , el moment plàstic característic s'ha de determinar segons les expressions següents:

$$M_{y,Rk} = \frac{f_u}{600} \cdot 180 \cdot d^{2,6} \text{ per a claus de secció circular} \quad (8.29)$$

$$M_{y,Rk} = \frac{f_u}{600} \cdot 270 \cdot d^{2,6} \text{ per a claus de secció quadrada} \quad (8.30)$$

on:

$M_{y,Rk}$  valor característic del moment plàstic, [N·mm];  
 $d$  diàmetre o costat de la secció del clau, [mm];  
 $f_u$  resistència característica a tracció del filferro, [N/mm<sup>2</sup>].

- 5 En claus introduïts amb forat previ, la separació  $a_1$  (vegeu la figura 8.7) es pot reduir fins a un mínim de  $4 \cdot d$ , si la capacitat de càrrega es redueix pel factor següent:

$$k_r = \frac{a_1}{(4 + 3 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d} \quad (8.31)$$

En acoblaments amb claus alineats amb la direcció de la fibra i sotmesos a un component de la força paral·lela a la fibra, llevat que els claus d'aquesta fila estiguin col·locats a portell amb un desfasament d'almenys  $-1 \cdot d-$  (vegeu la figura 8.5), la capacitat de càrrega s'ha de calcular prenent com a nombre eficaç de claus el següent:

$$n_{ef} = n^{k_{ef}} \quad (8.32)$$

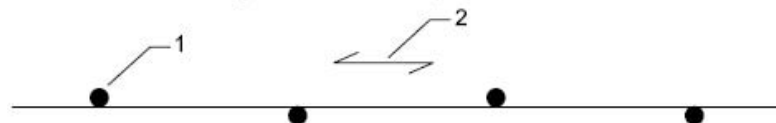
on:

$n_{ef}$  nombre eficaç de claus alineats amb la càrrega i la fibra;  
 $n$  nombre de claus alineats;  
 $k_{ef}$  factor definit a la taula 8.1.

Taula 8.1 Valors de  $k_{ef}$

Separació	$k_{ef}$	
	Sense forat previ	Amb forat previ
$a_1 \geq 14 \cdot d$	1,00	1,00
$a_1 = 10 \cdot d$	0,85	0,85
$a_1 = 7 \cdot d$	0,70	0,70
$a_1 = 4 \cdot d$	-	0,50

Per a separacions intermèdies s'admet una interpolació lineal de  $k_{ef}$ .



Llegenda:

1 Elements de fixació  
 2 Direcció de la fibra

Figura 8.5 Claus en una fila paral·lela a la fibra desplaçats transversalment una dimensió igual a  $d$



- 6 Quan la força s'exerceixi amb un angle respecte a la direcció de la fibra s'ha de verificar que el component de la força paral·lela a la fibra és inferior o igual a la capacitat de càrrega calculada d'acord amb l'apartat 8.3.1.
- 7 El nombre mínim de claus en un acoblament ha de ser de 2.
- 8 Disposicions constructives:
  - a) llevat que s'especifiqui d'una altra manera, els claus s'han d'introduir en direcció perpendicular a la de la fibra i s'han de clavar de manera que la superfície del cap quedi enrasada amb la de la fusta;
  - b) llevat que s'especifiqui d'una altra manera, els claus d'oïda (oblics) s'han d'ajustar a les indicacions de la figura 8.8.b;
  - c) el diàmetre del forat previ ha de tenir un valor d'entre  $-0,7 d$  i  $-0,8 d$ , on  $-d$  és el diàmetre del clau.

### 8.3.2.1.2 Acoblaments amb claus entre fusta i fusta

#### 1 Resistència a l'aplatament:

La resistència característica a l'aplatament en claus amb diàmetre inferior o igual a 8 mm i per a qualsevol angle respecte a la fibra es pot obtenir de les expressions següents:

$$a) \text{ sense forat previ: } f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (8.33)$$

$$b) \text{ amb forat previ: } f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k \quad (\text{N/mm}^2) \quad (8.34)$$

on:

$\rho_k$  densitat característica de la fusta,  $[\text{kg/m}^3]$ ;  
 $d$  diàmetre del clau,  $[\text{mm}]$ .

#### 2 Cavalcament de claus:

- a) En acoblaments del tipus del representat a la figura 8.6, els claus introduïts des de les dues cares es poden solapar a la peça central, sempre que la distància  $(t - t_2)$  sigui superior a  $4 \cdot d$ .

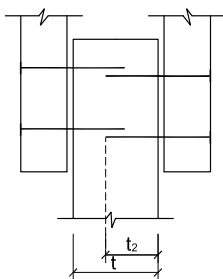


Figura 8.6 Cavalcament de claus

#### 3 Penetració del clau:

- a) Com ja s'ha comentat, es recomana una penetració dels claus, a cada peça de fusta, d'entre 10 i 12 diàmetres. Amb menys penetració es perd molta eficàcia, i amb més no s'aconsegueix més capacitat de càrrega.

#### 4 Claus a la testa de la peça:

- a) Només s'admet l'ús de claus de fust llis a la testa de la peça per al cas d'elements secundaris, com per exemple per a la fixació d'una peça de capçal dels parells d'una coberta. El valor de càlcul de la seva capacitat de càrrega s'ha de prendre d' $1/3$  del valor corresponent a un clavament normal.
- b) En claus que no són de fust llis (és a dir, amb ressalts de diferent tipus; es pot veure la definició precisa a la norma UNE EN 14545) col·locats a la testa de la peça s'ha de prendre com a capaci-

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

tat de càrrega de càlcul 1/3 del valor corresponent a un clavament normal, sempre que es compleixin les condicions següents:

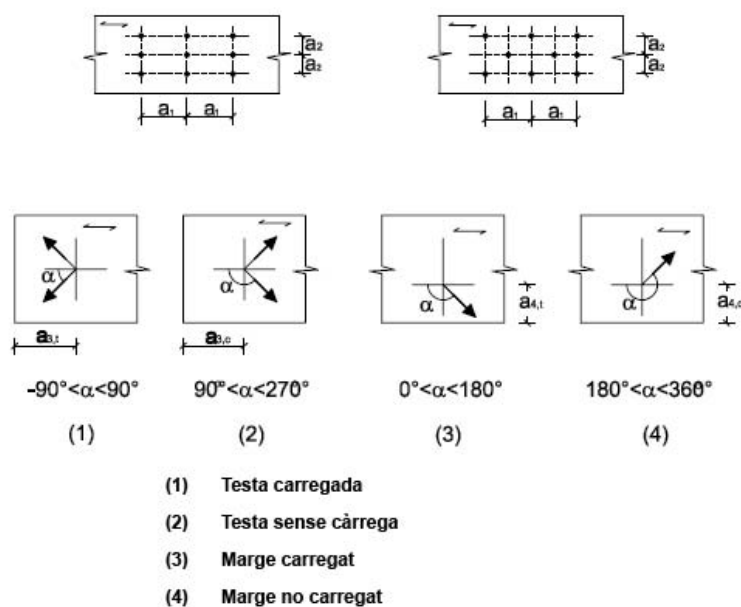
- i) els claus es troben sotmesos exclusivament a càrrega lateral;
- ii) hi ha almenys tres claus per acoblament;
- iii) la penetració a la peça de punta és com a mínim igual a 10·d;
- iv) l'acoblament no està exposat a les condicions de la classe de servei 3;
- v) es compleixen els valors de separació de la taula 8.2.

## 5 Separacions i distàncies mínimes:

Les separacions i distàncies mínimes es donen a la taula 8.2, amb les definicions incloses a la figura 8.7.

**Taula 8.2 Acoblaments amb claus en fusta amb fusta i sota càrrega lateral.**  
Separacions i distàncies mínimes

Separacions i distàncies (vegeu la figura 8.7)	Angle	Distància mínima		Amb forat previ
		$\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$	$420 \text{ kg/m}^3 < \rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$	
$a_1$ (paral·lela a la fibra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$d < 5 \text{ mm}; (5+5 \cos \alpha )d$ $d \geq 5 \text{ mm}; (5+7 \cos \alpha )d$	$(7+8 \cos \alpha )d$	$(4+ \cos \alpha )d$
$a_2$ (perpendicular a la fibra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	5d	7d	$(3+ \sin \alpha )d$
$a_{3,t}$ (testa carregada)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(10+5 \cos \alpha)d$	$(15+5 \cos \alpha)d$	$(7+5 \cos \alpha)d$
$a_{3,c}$ (testa no carregada)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	10d	15d	7d
$a_{4,t}$ (marge carregat)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$d < 5 \text{ mm}; (5+2 \sin \alpha)d$ $d \geq 5 \text{ mm}; (5+5 \sin \alpha)d$	$d < 5 \text{ mm}; (7+2 \sin \alpha)d$ $d \geq 5 \text{ mm}; (7+5 \sin \alpha)d$	$d < 5 \text{ mm}; (3+2 \sin \alpha)d$ $d \geq 5 \text{ mm}; (3+4 \sin \alpha)d$
$a_{4,c}$ (marge no carregat)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	5d	7d	3d



**Figura 8.7 Separacions, distàncies i angle  $\alpha$**

## 6 Forat previ:

S'ha de fer un forat previ quan el gruix de les peces de fusta sigui inferior a:

$$t = \max \left\{ \begin{array}{l} 7 \cdot d \\ (13 \cdot d - 30) \cdot \frac{\rho_k}{400} \end{array} \right. \quad (8.35)$$

on:

- t gruix mínim, [mm];  
 $\rho_k$  densitat característica de la fusta, [kg/m<sup>3</sup>];  
 d diàmetre del clau, [mm].

### 8.3.2.1.3 Acoblaments clavats entre tauler i fusta

#### 1 Resistència a l'aplatament:

- a) les regles que apareixen a continuació són aplicables en claus el cap dels quals tingui un diàmetre superior o igual a 2·d;
- b) la resistència característica a l'aplatament en acoblaments clavats en tauler contraxapat es pot obtenir de l'expressió següent:

$$f_{h,k} = 0,11 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} \quad (8.36)$$

on:

- $f_{h,k}$  resistència característica a l'aplatament, [N/mm<sup>2</sup>];  
 $\rho_k$  densitat característica del tauler contraxapat, [kg/m<sup>3</sup>];  
 d diàmetre del clau, [mm].

- c) la resistència característica a l'aplatament en acoblaments clavats en tauler de fibres dur (segons la norma UNE EN 622-2) es pot obtenir de l'expressió següent:

$$f_{h,k} = 30 \cdot d^{-0,3} \cdot t^{-0,6} \quad (8.37)$$

on:

- $f_{h,k}$  resistència característica a l'aplatament, [N/mm<sup>2</sup>];  
 d diàmetre del clau, [mm];  
 t gruix del tauler, [mm].

- d) la resistència característica a l'aplatament en acoblaments clavats sobre taulers de partícules i d'encenalls orientats (OSB) es pot obtenir de l'expressió següent:

$$f_{h,k} = 65 \cdot d^{-0,7} \cdot t^{-0,1} \quad (8.38)$$

on:

- $f_{h,k}$  resistència característica a l'aplatament, [N/mm<sup>2</sup>];  
 d diàmetre del clau, [mm];  
 t gruix del tauler, [mm].

#### 2 Separacions i distàncies mínimes:

- a) Les separacions i distàncies mínimes entre claus han de ser en general les definides a la taula 8.2, multiplicades per un factor igual a 0,85.
- b) Les distàncies mínimes en tauler contraxapat han de ser igual a 3·d per a marges (o testes) no carregats i (3 + 4sin  $\alpha$ ) · d per a marges (o testes) carregats, prenent alfa segons el que s'ha definit a la figura 8.7.

### 8.3.2.1.4 Acoblaments clavats entre acer i fusta

#### 1 Separació i distàncies mínimes.

Les distàncies mínimes han de ser les indicades a la taula 8.2. Les separacions mínimes entre claus han de ser les de la taula 8.2 multiplicades per un factor igual a 0,7.

### 8.3.2.2 Càrrega axial (arrencada)

- 1 Els claus de fust llis no s'han d'utilitzar per resistir esforços axials de durada permanent o llarga.

- 2 No es recomana considerar cap capacitat de transmissió d'esforços axials en els claus col·locats a la testa de la peça.
- 3 Capacitat de càrrega a l'arrencada.
- a) La capacitat de càrrega característica a l'arrencada de claus introduïts perpendicularment o obliquament a la fibra (vegeu la figura 8.8.a) (vegeu la figura 8.8.b) ha de prendre el valor menor dels definits a les fórmules següents (les fórmules (a) corresponen a la resistència a l'arrencada del clau a la peça que rep la punta, i les fórmules (b) corresponen a la resistència a l'enfonsament del cap del clau):

- i) per a claus que no siguin de fust llis (es pot veure la definició de la norma UNE EN 14545):

$$F_{ax,Rk} = \begin{cases} f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen} & (a) \\ f_{head,k} \cdot d_h^2 & (b) \end{cases} \quad (8.39)$$

- ii) per a claus de fust llis:

$$F_{ax,Rk} = \begin{cases} f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen} & (a) \\ f_{ax,k} \cdot d \cdot t + f_{head,k} \cdot d_h^2 & (b) \end{cases} \quad (8.40)$$

on:

$f_{ax,k}$  resistència característica a l'arrencada a la peça de la punta;

$f_{head,k}$  resistència característica a l'enfonsament a la peça de cap;

$d$  diàmetre del clau [mm];

$t_{pen}$  longitud de la penetració a la peça de punta o longitud de la part corrugada que es troba a la peça de punta, [mm];

$t$  gruix de la peça o longitud de la part corrugada a la peça de cap, [mm];

$d_h$  diàmetre del cap del clau, [mm].

- b) Els valors característics,  $f_{ax,k}$  i  $f_{head,k}$ , per als casos no descrits a continuació es poden determinar d'acord amb les normes UNE-EN 1382, UNE EN 1383 i UNE EN 14358.
- c) Els valors característics per a la resistència d'arrencada i enfonsament del cap del clau, per a claus de fust llis amb una penetració a la peça de punta d'almenys  $12 \cdot d$ , es defineixen a les expressions següents:

$$f_{ax,k} = 20 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 \quad (8.42)$$

$$f_{head,k} = 70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 \quad (8.43)$$

on:

$\rho_k$  densitat característica de la fusta, [kg/m<sup>3</sup>];

$d_h$  diàmetre del cap, [mm].

- d) En fusta col·locada amb un contingut d'humitat pròxim al punt de saturació de la fibra, i que probablement s'assecarà sota càrrega, els valors de  $f_{ax,k}$  i  $f_{head,k}$  s'han de multiplicar per 2/3.
- e) En claus corrugats només es considera capaç de transmetre càrrega axial a la part corrugada.

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

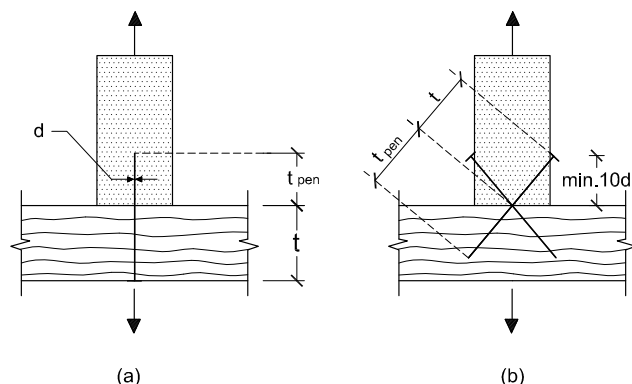


Figura 8.8 Clavat perpendicular (a) i oblic (b)

## 4 Longitud mínima de penetració:

- en claus de fust llis la penetració a la peça de punta  $t_{pen}$  ha de ser almenys  $8 \cdot d$ . Si la penetració a la peça de punta és inferior a  $12 \cdot d$  la capacitat de càrrega a l'arrencada s'ha de reduir pel factor  $(t_{pen}/4d - 2)$ ;
- en claus amb corrugues o ressalts la penetració a la peça de punta ha de ser almenys de  $6 \cdot d$ . Si la penetració a la peça de punta és inferior a  $8 \cdot d$  la capacitat de càrrega a l'arrencada s'ha de reduir pel factor  $(t_{pen}/2d - 3)$ .

## 5 Separacions i distàncies mínimes:

- les separacions i distàncies mínimes per a claus carregats axialment han de ser les mateixes que per als claus carregats lateralment. Per als claus introduïts obliquament la distància al marge carregat ha de ser almenys igual a  $10 \cdot d$ , figura 8.8.b;
- Els claus col·locats de forma obliqua s'han de col·locar sempre formant parells simètrics.

## 8.3.2.3 Claus sotmesos a càrrega combinada lateral i axial

1 En acoblaments sotmesos a una combinació de càrrega axial ( $F_{ax,Ed}$ ) i lateral ( $F_{v,Ed}$ ) s'han de complir les condicions següents:

- per a claus de fust llis (com es defineixen a la norma UNE EN 14547):

$$\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1 \quad (8.44)$$

- per a claus que no siguin de fust llis:

$$\left( \frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} \right)^2 + \left( \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 \leq 1 \quad (8.45)$$

on:

$F_{ax,Ed}$  i  $F_{v,Ed}$  capacitats de càlcul de l'acoblament carregat amb esforç axial o lateral de forma independent.

## 8.3.3 Grapes

## 1 Generalitats:

- les regles recollides a l'apartat 8.3.2 són aplicables a grapes amb potes de secció circular, arrodonida o rectangular, amb puntes bisellades o apuntades simètricament, excepte les regles relatives a les separacions, que s'inclouen a continuació d'aquest apartat;

- b) en acoblaments amb una fila de grapes alineades amb la direcció de la fibra i amb un component de la força paral·lela a la fibra, la capacitat de càrrega s'ha de calcular a partir del nombre eficaç d'elements de fixació alineats, segons l'apartat 8.3.2.1.1 (vegeu l'equació 8.31);
- c) almenys hi ha d'haver dues grapes per acoblament;
- d) en grapes amb secció transversal de forma rectangular s'ha de prendre com a diàmetre  $d$ , l'arrel quadrada del producte de les dues dimensions del rectangle;
- e) a la figura 8.9 s'indiquen altres dimensions mínimes de les grapes:
- amplada  $b$  de la corona de la grapa,  $b \geq 6 \cdot d$ ;
  - la longitud mínima de la penetració a la peça de punta,  $t_2$ , ha de ser de  $14 \cdot d$ .

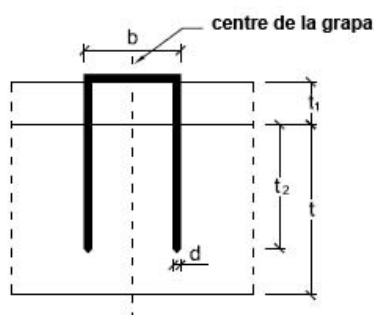


Figura 8.9 Dimensions de les grapes

## 2 Capacitat de càrrega lateral:

- la capacitat de càlcul de càrrega lateral per grapa i per pla de cisallament s'ha de considerar com l'equivalent a dos claus de diàmetre igual al de les potes de la grapa, sempre que l'angle entre la corona i la direcció de la fibra de la fusta sota la corona sigui superior a  $30^\circ$  (vegeu la figura 8.10);
- si l'angle entre la corona i la direcció de la fibra sota la corona és igual o inferior a  $30^\circ$ , la capacitat de càlcul de càrrega lateral s'ha de multiplicar per un factor igual a 0,7.

## 3 Moment plàstic.

En grapes amb una resistència mínima a tracció de  $800 \text{ N/mm}^2$  s'ha d'utilitzar el valor característic del moment plàstic següent per a una pota de la grapa:

$$M_{y,Rk} = 240d^{2,6} \quad (8.46)$$

on:

$M_{y,Rk}$  valor característic del moment plàstic, [N·mm];  
 $d$  diàmetre de la pota de la grapa, [mm].

## 4 Separacions i distàncies mínimes.

Les separacions i distàncies mínimes per a acoblaments amb grapes es donen a la taula 8.3 amb referència a la figura 8.10.

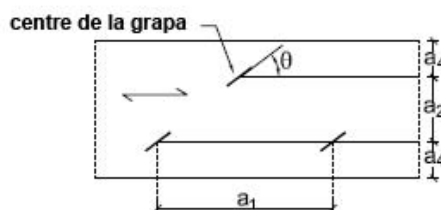


Figura 8.10 Definició de les separacions en grapes

Taula 8.3 Separacions i distàncies mínimes en grapes

Separacions i distàncies (vegeu la figura 8.10)	Angle	Separació o distància mínima
$a_1$ (paral·lela a la fibra) per a $\theta \geq 30^\circ$ per a $\theta < 30^\circ$	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(10 + 5  \cos \alpha ) \cdot d$ $(15 +  5 \cos \alpha ) \cdot d$
$a_2$ (perpendicular a la fibra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$15 \cdot d$
$a_{3,t}$ (testa carregada)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(15 +  5 \cos \alpha ) \cdot d$
$a_{3,c}$ (testa no carregada)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$15 \cdot d$
$a_{4,t}$ (marge carregat)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(15 +  5 \sin \alpha ) \cdot d$
$a_{4,c}$ (marge no carregat)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$10 \cdot d$

### 8.3.4 Perns

#### 8.3.4.1 Càrrega lateral

##### 8.3.4.1.1 Generalitats

- La capacitat de càrrega lateral s'obté mitjançant l'aplicació de les regles definides a l'apartat 8.3.1, amb el significat dels símbols següent (vegeu la figura 8.11):
  - $t_1$  en cisallament simple és el gruix d'una de les peces, i en cisallament doble, el gruix de les peces laterals;
  - $t_2$  en cisallament simple és el gruix de l'altra peça, i en cisallament doble el gruix de la peça central.

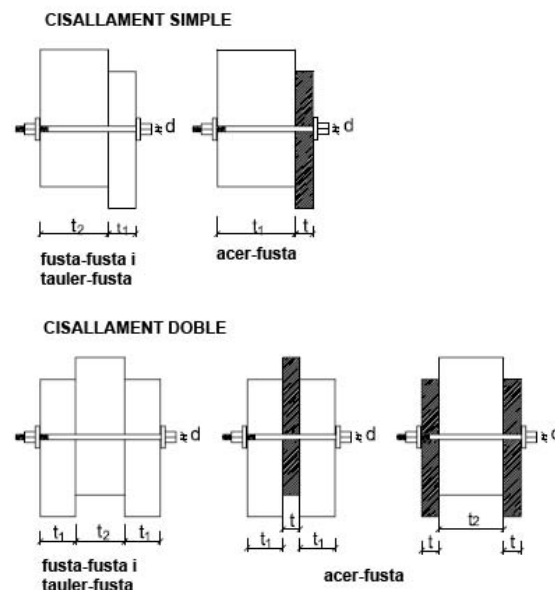


Figura 8.11 Gruixos de les peces en acoblaments de pern

- Les separacions i distàncies mínimes es donen a la taula 8.4, amb les definicions incloses a la figura 8.7.
- En acoblaments amb pern alineats amb la direcció de la fibra i sotmesos a un component de la força paral·lela a la fibra, la capacitat de càrrega s'ha de calcular prenent com a nombre eficaç de pern el valor menor de les expressions següents:

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \end{array} \right. \quad (8.47)$$

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

on:

- $n_{ef}$  nombre eficaç de perns alineats amb la càrrega i la fibra;  
 $n$  nombre de perns alineats;  
 $a_1$  separació en la direcció de la fibra, [mm];  
 $d$  diàmetre del pern, [mm].

En cas de càrrega perpendicular a la fibra, el nombre eficaç de perns és el real, és a dir:

$$n_{ef} = n \quad (8.48)$$

Per a càrregues amb direccions compreses entre  $0^\circ$  i  $90^\circ$  s'ha d'interpol·lar linealment entre els valors determinats per les equacions (8.47 i 8.48).

**Taula 8.4 Acoblaments amb perns. Separacions i distàncies mínimes**

Separacions i distàncies (vegeu la figura 8.7)	Angle	Separació o distància mínima
$a_1$ (paral·lela a la fibra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 +  \cos \alpha ) d$
$a_2$ (perpendicular a la fibra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4 d$
$a_{3,t}$ (testa carregada)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	màx (7d;80mm)
$a_{3,c}$ (testa no carregada)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	màx((1+ 6 sin $\alpha$ ) d;4d)
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	4d
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	màx((1+ 6 sin $\alpha$ ) d;4d)
$a_{4,t}$ (marge carregat)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	màx((2+ 2 sin $\alpha$ ) d;3d)
$a_{4,c}$ (marge no carregat)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	3 d

- 4 En perns de secció circular el valor característic del moment plàstic ha de ser:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} \quad (8.49)$$

on:

- $f_{u,k}$  resistència característica a tracció, [N/mm<sup>2</sup>].  
 $d$  diàmetre del pern, [mm].

- 5 Disposicions constructives.

- Els forats a la fusta per allotjar els perns han de tenir un diàmetre no més gran d'1 mm que el diàmetre del pern. Els forats a les plaques d'acer han de tenir un diàmetre no més gran de 2 mm o de  $0,1 \cdot d$  (el que resulti més gran) que el diàmetre del pern.
- Les volanderes sota el cap del pern i sota la femella han de tenir un costat (si són quadrades) o un diàmetre mínim igual a  $3 \cdot d$  i un gruix mínim de  $0,3 \cdot d$  ( $d$  és el diàmetre del pern). La volandera ha de tenir ple contacte amb la superfície de la peça.
- Els perns i tirafons s'han de collar de tal forma que les peces quedin fermament unides, i s'han de tornar a collar, si és necessari, quan la fusta assoleixi la seva humitat d'equilibri higroscòpic, sempre que es requereixi per garantir la capacitat de càrrega o rigidesa de l'estructura.

### 8.3.4.1.2 Acoblaments amb perns entre fusta i fusta

- 1 La resistència característica a l'aplatament de perns amb diàmetres no superiors a 30 mm per a un angle  $\alpha$  entre l'esforç i la direcció de la fibra s'obté de l'expressió següent:

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (8.50)$$

on:

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d \quad \text{per a coníferes} \quad (8.51)$$

$$k_{90} = 0,90 + 0,015 \cdot d \quad \text{per a frondoses} \quad (8.52)$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot p_k [\text{N/mm}^2] \quad (8.53)$$

on:



$\rho_k$  densitat característica de la fusta, [kg/m<sup>3</sup>];  
d diàmetre del pern, [mm].

#### 8.3.4.1.3 Acoblaments amb perns entre tauler i fusta

- 1 La resistència característica a l'aplatament per a qualsevol angle respecte a la direcció de la fibra en tauler contraxapat ha de ser:

$$f_{h,k} = 0,11 (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (8.54)$$

on:

$\rho_k$  densitat característica de la fusta, [kg/m<sup>3</sup>];  
d diàmetre del pern, [mm].

#### 8.3.4.1.4 Acoblaments amb perns entre acer i fusta

- 1 La capacitat de càrrega d'acoblaments amb perns entre peces d'acer i fusta s'ha de calcular d'acord amb les especificacions de l'apartat 8.3.1.2.

#### 8.3.4.2 Càrrega axial

- 1 La capacitat de càrrega axial i la capacitat de càrrega a l'arrencada d'un pern s'ha de prendre com el valor menor dels dos següents:
  - a) la capacitat del pern a tracció;
  - b) la capacitat de càrrega de la volandera o (en el cas d'acoblaments entre acer i fusta) la capacitat de la placa d'acer.
- 2 La tensió del càlcul de compressió sota la volandera no ha de superar ( $3 \cdot f_{c,90,k}$ ).
- 3 La capacitat de càrrega en el recolzament d'una placa d'acer s'ha de limitar a la corresponent a una volandera circular amb un diàmetre igual al menor dels dos valors següents:
  - a)  $12 \cdot t$ ;
  - b)  $4 \cdot d$ ;on  $t$  és el gruix de la placa i  $d$ , el diàmetre del pern.

#### 8.3.5 Passadors

- 1 La capacitat de càrrega lateral s'obté mitjançant l'aplicació de les regles definides a l'apartat 8.3.1, amb el significat dels símbols següent, amb referència anàloga al cas dels perns a la figura 8.10:
  - a)  $t_1$  en cisallament simple és el gruix d'una de les peces, i en cisallament doble, el gruix de les peces laterals;
  - b)  $t_2$  en cisallament simple és el gruix de l'altra peça, i en cisallament doble el gruix de la peça central.
- 2 El diàmetre mínim del passador ha de ser de 6 mm i el màxim, de 30 mm.
- 3 El valor característic del moment plàstic es pot obtenir mitjançant l'aplicació de l'equació 8.49 definida per als perns a l'apartat 8.3.4.1.1.
- 4 A més, són aplicables els apartats 8.3.4.1.2 (sobre la tensió d'aplatament) i 8.3.4.1.1 (sobre el nombre eficaç).
- 5 Les separacions i distàncies mínimes es donen a la taula 8.5, amb les definicions incloses a la figura 8.7.

Taula 8.5 Separacions i distàncies mínimes per a passadors

Separacions i distàncies (vegeu la figura 8.7)	Angle	Separació o distància mínima
$a_1$ (paral·lel a la fibra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(3 + 2  \cos \alpha ) \cdot d$
$a_2$ (perpendicular a la fibra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$
$a_{3,t}$ (testa carregada)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	màx. (7d; 80 mm)
$a_{3,c}$ (testa no carregada)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	màx. ( $a_{3,t}  \sin \alpha  \cdot d$ ; 3d)
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	3d
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	màx. ( $a_{3,t}  \sin \alpha  \cdot d$ ; 3d)
$a_{4,t}$ (marge carregat)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	màx. [ $(2 + 2 \sin \alpha) \cdot d$ ; 3d]
$a_{4,c}$ (marge no carregat)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	3d

#### 6 Disposicions constructives:

El diàmetre mínim dels passadors ha de ser de 6 mm. La tolerància en el diàmetre del passador ha de ser de  $-0/+0,1$  mm (és a dir, només s'admeten diàmetres superiors en no més de 0,1 mm). Els forats previs d'allotjament a les peces de fusta han de tenir un diàmetre ( $\Phi$ ) de valor ( $k_{\text{preforat}} d \leq \Phi \leq d$ ); on ( $d$ ) és el diàmetre de la balda i  $k_{\text{preforat}}$ , un valor que està entre (3/4) a les espècies de poca densitat i (9/10) a les de màxima densitat.

### 8.3.6 Tirafons

#### 8.3.6.1 Càrrega lateral

- En el càlcul de la capacitat de càrrega l'efecte de la part roscada del tirafons s'ha de tenir en compte utilitzant un diàmetre eficaç  $d_{ef}$ .
- En el supòsit que hi hagi una garantia de contacte íntim entre les peces unides, s'apliquen les consideracions següents:
  - En tirafons amb la canya llisa (zona no roscada), el diàmetre en la part roscada dels quals és igual al de la canya, s'apliquen les regles definides a l'apartat 8.3.1, sempre que:
    - el diàmetre eficaç,  $d_{ef}$ , es prengui com el diàmetre de la canya;
    - la penetració en la peça de punta de la canya no sigui inferior a  $4 \cdot d$ .
  - En altres casos, s'apliquen les regles definides a l'apartat 8.3.1, sempre que el diàmetre eficaç,  $d_{ef}$ , es prengui igual a (1,1) vegades el diàmetre intern de la corda (o part roscada).
- En tirafons amb canya llisa amb diàmetre  $d > 6$  mm s'apliquen les regles definides a l'apartat 8.3.4.1 (càrrega lateral en pern). En altres diàmetres s'apliquen les regles definides a l'apartat 8.3.2.1 (càrrega lateral en claus).
- Disposicions constructives.
  - En tirafons col·locats en coníferes amb un diàmetre de la canya inferior a 6 mm no es requereix forat previ. En tirafons amb diàmetre  $d \geq 6$  mm es requereix un forat previ amb els requisits següents:
    - l'orifici d'allotjament de la canya ha de tenir el mateix diàmetre que la canya i la mateixa profunditat que la longitud de la part no roscada;
    - l'orifici d'allotjament de la corda (part roscada) ha de tenir un diàmetre d'aproximadament el 70% del diàmetre de la canya.
  - En fustes amb densitats superiors a  $500 \text{ kg/m}^3$ , el diàmetre del forat previ s'ha de determinar mitjançant assajos.

#### 8.3.6.2 Càrrega axial

- Per a la determinació de la capacitat de càrrega d'acoblements amb tirafons carregats axialment s'han de comprovar els modes de fallada següents:
  - la capacitat a l'arrencada de la part roscada del tirafons;

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

- b) en tirafons utilitzats en combinació amb plaques d'acer, la resistència a l'arrencada del cap del tirafons;
- c) la resistència a la incrustació del cap del tirafons;
- d) la resistència a tracció del tirafons;
- e) en tirafons utilitzats en combinació amb plaques d'acer, la fallada a tallant en el perímetre d'un bloc de fusta arrencat per un grup de tirafons.
- 2 La separació mínima i la distància mínima al marge s'estableixen a la taula 8.6.

Taula 8.6 Separació mínima i distància mínima al marge per a tirafons amb càrrega axial

Tirafons introduïts	Separació mínima	Distància mínima al marge
perpendicularment a la direcció de la fibra	4d	4d
en la testa	4d	2,5d

- 3 La penetració mínima de la part roscada en la peça ha de ser igual a 6·d.
- 4 El valor característic de la resistència a l'arrencada,  $F_{ax,\alpha,Rk}$ , d'acoblements amb tirafons carregats axialment s'ha d'obtenir de l'expressió següent:

$$F_{ax,\alpha,Rk} = n_{ef} \left( \frac{8d}{l_{ef}} \right)^{0,2} f_{ax,\alpha,kd} \cdot d \cdot l_{ef} \quad (8.55)$$

on:

$F_{ax,\alpha,Rk}$  valor característic de la resistència a l'arrencada de l'acoblement, per a un angle  $\alpha$ ;

$n_{ef}$  nombre eficaç de tirafons;

$d$  diàmetre exterior mesurat a la part roscada;

$l_{ef}$  longitud de penetració en la peça de la part roscada menys un diàmetre;

$f_{ax,\alpha,k}$  valor característic de la resistència a l'arrencada amb un angle  $\alpha$  respecte a la direcció de la fibra.

- 5 El valor característic de la resistència a l'arrencada amb un angle  $\alpha$  respecte a la direcció de la fibra s'ha de prendre com:

$$f_{ax,\alpha,k} = \frac{f_{ax,k}}{\sin^2 \alpha + 1,5 \cos^2 \alpha} \quad (8.56)$$

on la resistència característica a l'arrencada paral·lela a la fibra,  $f_{ax,k}$ , s'ha de determinar mitjançant assaig d'acord amb les normes UNE-EN 1382 i UNE-EN 1458 o bé s'ha de calcular amb l'expressió següent:

$$f_{ax,k} = 0,037 \rho_k \quad (8.57)$$

on:

$f_{ax,k}$  valor característic de la resistència a l'arrencada en direcció perpendicular a la fibra;

$\rho_k$  valor característic de la densitat,  $[\text{kg}/\text{m}^3]$ .

NOTA. Els modes de fallada en l'acer o la fusta que envolta el tirafons són fràgils, és a dir, amb deformacions últimes petites i, per tant, amb poques possibilitats de redistribució de les tensions.

- 6 La resistència a la incrustació del cap del tirafons s'ha de determinar mitjançant assajos d'acord amb la norma UNE-EN 1383.
- 7 En un acoblament amb un grup de tirafons carregats amb un component de la força paral·lela a la canya, el nombre eficaç de tirafons és:

$$n_{ef} = n^{0,9} \quad (8.58)$$

on:

$n_{ef}$  nombre eficaç de tirafons;  
 $n$  nombre de tirafons que actuen conjuntament en l'acoblament.

### 8.3.6.3 Combinació de càrrega lateral i axial

- 1 En acoblaments amb tirafons sotmesos a una combinació de càrrega axial i lateral s'ha d'aplicar l'equació 8.45.

## 8.4 Acoblaments amb connectors

### 8.4.1 Connectors d'anell o de placa

- 1 En acoblaments realitzats amb connectors d'anell de tipus A (fusta-fusta) o connectors de placa de tipus B (acer-fusta) segons norma UNE EN 912, i amb diàmetre no superior a 200 mm, el valor característic de la capacitat de càrrega per a una força paral·lela a la fibra,  $F_{v,0,Rk}$ , per connector i per pla de cisallament s'obté de l'expressió següent:

$$F_{v,0,Rk} = m' n \begin{cases} k_1 k_2 k_3 k_4 (35 \cdot d_c^{1.5}) \\ k_1 k_3 h_e (31,5 \cdot d_c) \end{cases} \quad (8.59)$$

on:

$F_{v,0,Rk}$  valor característic de la capacitat de càrrega paral·lela a la fibra, en [N];  
 $d_c$  diàmetre del connector, [mm];  
 $h_e$  profunditat d'inserció, [mm];  
 $k_i$  factors de modificació, amb  $i = 1$  a 4, definits a continuació.

Nota. El primer terme de l'expressió (8.59) representa la fallada per cisallament, i el segon, la fallada per aplatament.

- 2 El diàmetre del pern auxiliar s'ha d'escollir d'acord amb la taula 8.7.

**Taula 8.7 Requisits geomètrics dels perns auxiliars de connectors**

Tipus de connector (vegeu UNE EN 912)	$d_c$ (mm)	d mínim (mm)	d màxim (mm)
A – A5	$\leq 130$	12	24
A1, A4, A5	$> 130$	$0,1 \cdot d_c$	24
B		$d - 1$	d

$d_c$  diàmetre del connector, [mm]  
 $d$  diàmetre del pern, [mm]

El projectista ha d'indicar el tipus de connector usat en l'acoblament. La definició exacta del connector no és necessària si la geometria definida és compatible amb els productes comercials disponibles per a aquest tipus de connector. No obstant això, i atès el repertori comercial limitat d'aquests sistemes, es recomana incloure en el projecte la definició geomètrica completa del connector o la marca de referència que serveixi per establir un producte igual o similar.

- 3 El gruix mínim de les peces externes de fusta ha de ser igual a  $2,25 \cdot h_e$ , i el de la peça interna de fusta ha de ser igual a  $3,75 \cdot h_e$ , on  $h_e$  és la profunditat d'inserció (vegeu la figura 8.12).

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

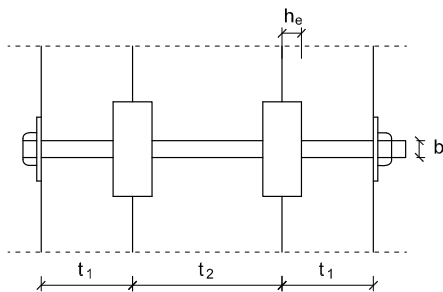


Figura 8.12 Gruixos mínims de les peces

- 4 El factor  $k_1$  depèn dels gruixos de les peces  $t_1$  i  $t_2$  i de la profunditat d'inserció  $h_e$  de l'acoblament, i el seu valor es defineix en l'expressió següent:

$$k_1 = \min \begin{cases} 1 \\ t_1 / 3h_e \\ t_2 / 5h_e \end{cases} \quad (8.60)$$

- 5 El factor  $k_2$  depèn de la distància a la testa carregada  $a_{3,t}$  de l'acoblament i s'aplica únicament en acoblaments amb testa carregada (és a dir,  $-30^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ ; amb alfa segons el que s'ha definit a 8.3.2.1.2), i s'obté de l'expressió següent:

$$k_2 = \min \begin{cases} k_a \\ \frac{a_{3,t}}{2d_c} \end{cases} \quad (8.61)$$

$k_a = 1,25$  en acoblaments amb un connector per pla de cisallament

$k_a = 1,00$  en acoblaments amb més d'un connector per pla de cisallament

$a_{3,t}$  es defineix a la taula 8.8.

Per a altres valors d' $\alpha$ , el factor  $k_2$  s'ha de prendre igual a 1,0.

- 6 El factor  $k_3$  depèn de la densitat de la fusta i s'obté de l'expressió següent:

$$k_3 = \min \begin{cases} 1,75 \\ \frac{\rho_k}{350} \end{cases} \quad (8.63)$$

on:

$\rho_k$  valor característic de la densitat de la fusta,  $[\text{kg}/\text{m}^3]$ .

- 6 El factor  $k_4$  depèn dels materials acoblats, i pren els valors següents:

$$k_4 = 1,0 \quad \text{per a acoblaments fusta-fusta;} \quad (8.64)$$

$$k_4 = 1,1 \quad \text{per a acoblaments acer-fusta.} \quad (8.65)$$

- 7 En els acoblaments amb un sol connector per placa de cisallament treballant sense que hi hagi testa carregada ( $150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$ ), la primera condició de l'equació 8.59 es pot ignorar.

- 8 El valor característic de la capacitat de càrrega per a una força que forma un angle  $\alpha$  amb la direcció de la fibra,  $F_{\alpha,Rk}$ , per connector i per placa de cisallament s'ha de calcular amb l'expressió següent:

$$F_{\alpha,Rk} = \frac{F_{v,0,Rk}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (8.66)$$

amb:

$$k_{90} = 1,3 + 0,001 \cdot d_c \quad (8.67)$$

on:

$F_{v,0,Rk}$  valor característic de la capacitat de càrrega d'un connector sotmès a una força paral·lela a la fibra, definit anteriorment;

$d_c$  diàmetre del connector, [mm].

- 9 Les separacions i distàncies mínimes s'han d'ajustar a les especificacions de la taula 8.8, amb els símbols definits a la figura 8.7.

**Taula 8.8 Separacions i distàncies mínimes per a connectors d'anell i de placa**

Separacions i distàncies (vegeu la figura 6.3.2.1b)	Angle	Distància mínima
$a_1$ (paral·lela a la fibra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(1,2 + 0,8  \cos \alpha ) \cdot d_c$
$a_2$ (perpendicular a la fibra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$1,2 \cdot d_c$
$a_{3,t}$ (testa carregada)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$1,5 \cdot d_c$
$a_{3,c}$ (testa no carregada)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$(0,4 + 1,6  \sin \alpha ) \cdot d_c$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$1,2 \cdot d_c$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$(0,4 + 1,6  \sin \alpha ) \cdot d_c$
$a_{4,t}$ (marge carregat)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(0,6 + 0,2  \sin \alpha ) \cdot d_c$
$a_{4,c}$ (marge no carregat)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$0,6 \cdot d_c$

- 10 Quan els connectors es disposen a portell (vegeu la figura 8.13), les distàncies mínimes de separació paral·lela i perpendicular a la fibra,  $a_1$  i  $a_2$ , respectivament, es poden reduir per uns coeficients ( $k_{a_i}$ ) sempre que es compleixi la condició:

$$(k_{a1})^2 + (k_{a2})^2 \geq 1 \quad (8.68)$$

amb

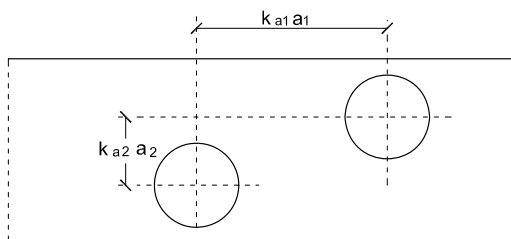
$$0 \leq k_{a1} \leq 1$$

$$0 \leq k_{a2} \leq 1$$

on:

$k_{a1}$  factor de reducció de la distància mínima paral·lela a la fibra;

$k_{a2}$  factor de reducció de la distància mínima perpendicular a la fibra.



**Figura 8.13 Distàncies reduïdes en connectors**

- 11 La distància paral·lela a la fibra  $k_{a1} \cdot a_1$  es pot reduir, a més, fins a un 50%, sempre que la capacitat de càrrega es redueixi proporcionalment fins al 40%.

- 12 Quan hi ha una fila de connectors disposats paral·lels a la fibra i es troben carregats amb una força paral·lela a la fibra, el nombre eficaç de connectors s'ha d'obtenir de l'expressió següent:

$$n_{ef} = 2 + (1 - n/20) \cdot (n - 2) \quad (8.69)$$

on:

$n_{ef}$  nombre eficaç de connectors;  
 $n$  nombre de connectors situats en una línia paral·lela a la fibra.

Els connectors es consideren alineats amb la fibra quan  $k_{a2} \cdot a_2 < 0,5 \cdot k_{a1} \cdot a_1$ .

#### 8.4.2 Connectors dentats

- 1 El valor característic de la capacitat de càrrega d'acoblements realitzats amb connectors dentats s'ha d'obtenir com a suma del valor característic de la capacitat de càrrega dels connectors i dels pernys que els acompanyen, d'acord amb l'apartat 8.3.4.1.
- 2 El valor característic de la capacitat de càrrega,  $F_{v,Rk}$ , per connector del tipus C segons norma UNE EN 912 (de cara simple: tipus C1 a C9; de cara doble: tipus C10 i C11) s'ha de calcular segons l'expressió següent:

$$F_{v,Rk} = 18 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot d_c^{1,5} \quad \text{per als tipus C1 a C9} \quad (8.70)$$

$$F_{v,Rk} = 25 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot d_c^{1,5} \quad \text{per als tipus C10 a C11} \quad (8.71)$$

on:

$F_{v,Rk}$  valor característic de la capacitat de càrrega per cada connector dentat;  
 $k_i$  factors de modificació, amb  $i = 1$  a 3, definits a continuació;  
 $d_c$  - diàmetre del connector dentat per als tipus C1, C2, C6, C7, C10 i C11, [mm];  
 - costat del connector dentat per als tipus C5, C8 i C9, [mm];  
 - arrel quadrada del producte dels costats per als tipus C3 i C4, [mm].

- 3 Respecte als gruixos mínims de les peces s'aplica l'apartat 8.4.1.
- 4 El factor  $k_1$  depèn del gruix de la fusta i el seu valor és el següent:

$$k_1 = \min \left| \begin{array}{l} 1 \\ \frac{t_1}{3 \cdot h_e} \\ \frac{t_2}{5 \cdot h_b} \end{array} \right. \quad (8.72)$$

on:

$t_1$  gruix de la peça lateral;  
 $t_2$  gruix de la peça central;  
 $h_e$  profunditat de penetració del dentat.

- 5 El factor  $k_2$  depèn de la distància a la testa,  $a_{3,t}$ , i el seu valor és el següent:
- a) per als tipus C1 a C9:

$$k_2 = \min \left| \begin{array}{l} 1 \\ \frac{a_{3,t}}{1,1 \cdot d_c} \end{array} \right. \quad (8.73)$$

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

amb

$$a_{3,t} = \max \begin{cases} 1,1 \cdot d_c \\ 7 \cdot d \\ 80\text{mm} \end{cases} \quad (8.74)$$

on:

$d_c$  diàmetre del pern, [mm].

b) per als tipus C10 i C11:

$$k_2 = \min \begin{cases} 1 \\ \frac{a_{3,t}}{2,0 \cdot d_c} \end{cases} \quad (8.75)$$

on:

$$a_{3,t} = \max \begin{cases} 1,5 \cdot d_c \\ 7 \cdot d \\ 80\text{mm} \end{cases} \quad (8.76)$$

on:

$d_c$  diàmetre del pern, [mm].

6 El factor  $k_3$  depèn de la densitat de la fusta i el seu valor és el següent:

$$k_3 = \min \begin{cases} 1,5 \\ \frac{\rho_k}{350} \end{cases} \quad (8.77)$$

on:

$\rho_k$  valor característic de la densitat de la fusta, [kg/m<sup>3</sup>].

7 Les distàncies i separacions mínimes per als connectors dentats de tipus C1 a C9 es recullen a la taula 8.9 amb les definicions incloses a la figura 8.7.

**Taula 8.9 Separació i distància mínima per a connectors dentats de tipus C1 a C9**

Separacions i distàncies (vegeu la figura 8.7)	Angle	Distància mínima
$a_1$ (paral·lela a la fibra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(1,2 + 0,3  \cos \alpha ) \cdot d_c$
$a_2$ (perpendicular a la fibra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$1,2 \cdot d_c$
$a_{3,t}$ (testa carregada)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$2,0 \cdot d_c$
$a_{3,c}$ (testa no carregada)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$(0,9 + 0,6  \sin \alpha ) \cdot d_c$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$1,2 \cdot d_c$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$(0,9 + 0,6  \sin \alpha ) \cdot d_c$
$a_{4,t}$ (marge carregat)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(0,6 + 0,2  \sin \alpha ) \cdot d_c$
$a_{4,c}$ (marge no carregat)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$0,6 \cdot d_c$

8 Les distàncies i separacions mínimes per als connectors dentats de tipus C10 i C11 es recullen a la taula 8.10, amb les definicions incloses a la figura 8.7.



Taula 8.10 Separació i distàncies mínimes per a connectors dentats de tipus C10 i C11

Separacions i distàncies (vegeu la figura 8.7)	Angle	Distància mínima
$a_1$ (paral·lela a la fibra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(1,2 + 0,8  \cos \alpha ) \cdot d_c$
$a_2$ (perpendicular a la fibra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$1,2 \cdot d_c$
$a_{3,t}$ (testa carregada)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$2,0 \cdot d_c$
$a_{3,c}$ (testa no carregada)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$(0,4 + 1,6  \sin \alpha ) \cdot d_c$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$1,2 \cdot d_c$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$(0,4 + 1,6  \sin \alpha ) \cdot d_c$
$a_{4,t}$ (marge carregat)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(0,6 + 0,2  \sin \alpha ) \cdot d_c$
$a_{4,c}$ (marge no carregat)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$0,6 \cdot d_c$

- 9 Quan els connectors de tipus C1, C2, C6 i C7 amb forma circular es disposen a portell, les separacions i distàncies mínimes paral·lela i perpendicular a la fibra,  $a_1$  i  $a_2$ , respectivament (vegeu la figura 6.3.2.1b), es poden reduir per uns coeficients ( $ka_i$ ) sempre que es compleixi la condició:

$$(ka_1)^2 + (ka_2)^2 \geq 1 \quad (8.78)$$

amb

$$0 \leq ka_1 \leq 1$$

$$0 \leq ka_2 \leq 1$$

on:

$ka_1$  factor de reducció de la distància mínima paral·lela a la fibra;

$ka_2$  factor de reducció de la distància mínima perpendicular a la fibra.

- 10 L'elecció del diàmetre del pern i dimensions de la volandera i altres requisits per utilitzar juntament amb els connectors dentats s'ha de realitzar d'acord amb l'apartat 8.3.4.1.1.

## 8.5 Acoblaments tradicionals

### 8.5.1 Generalitats

- 1 El model d'anàlisi es pot realitzar aplicant les indicacions rellevants del capítol 6, amb alguna precisió que s'inclou en els apartats següents, que limiten les tensions de contacte.
- 2 A l'apartat 8.5.3 es recull el plantejament per a la comprovació dels empalmaments, habituals en la construcció amb fusta. No obstant això, les línies generals del procés són aplicables a altres tipus d'acoblaments tradicionals.
- 3 S'ha de tenir en compte que normalment els acoblaments tradicionals no admeten una inversió dels esforços, per la qual cosa s'han de preveure, si s'escau, els elements de fixació auxiliars. D'altra banda, encara que l'acoblament treballi per compressió i/o tallant sense necessitat de clavilles es recomana afegir almenys un pern per acoblament (o un altre tipus d'element auxiliar amb la mateixa funció) per evitar que els moviments higròtermics puguin desencaixar les peces.

### 8.5.2 Tensions de compressió localitzades

- 1 En el cas d'acoblaments d'empalmament plans i en prolongació entre peces de fusta sotmeses a compressió (superfície de contacte perpendicular a la fibra), el valor de la resistència de càlcul  $f_{c,0,d}$  (vegeu l'apartat 6.1.4) s'ha de limitar multiplicant-lo pel factor 0,8.
- 2 En el cas d'encontre oblic entre les peces la tensió a compressió obliqua s'ha de deduir de l'equació 6.20 de l'apartat 6.2.1, utilitzant un valor de  $f_{c,0,d}$  reduït per 0,8.
- 3 En el cas d'acoblaments entre fusta i un material rígid o si s'insereixen falques o tascons rígids (d'acer, per exemple), s'ha d'usar l'equació 6.20 sense cap reducció en el valor de  $f_{c,0,d}$ .
- 4 La deformació admesa en un acoblament d'empalmament pla o oblic, per a càrregues de servei, ha de ser d'1 a 1,5 mm

### 8.5.3 Empalmaments

1 Els encaixos de barbeta indicats a la figura 8.14 han de complir les condicions següents:

a) Longitud del banyot: 
$$a \geq \frac{F_d \cdot \cos \beta}{b \cdot f_{v,d}} \quad (8.79)$$

b) Profunditat de la metxa: 
$$t \geq \frac{F_d \cdot \cos \beta}{b \cdot f_{c,\alpha,d}} \quad (8.80)$$

prenent per al càlcul de  $f_{c,\alpha,d}$  el valor següent d' $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{\beta}{2} \quad \text{en el cas d'empalmament simple}$$

$$\alpha = \frac{3}{4} \cdot \beta \quad ; t = t_1 + t_2 \quad \text{en el cas d'empalmament doble}$$

c) Altura de la secció del parell: 
$$d \geq \frac{F_d}{b \cdot f_{c,\alpha,d}} \quad (8.81)$$

prenent per al càlcul de  $f_{c,\alpha,d}$  el valor següent d' $\alpha$ :

( $\alpha = \beta$ ) (tant en empalmament simple com en doble)

i on, a les equacions 8.79 a 8.81:

b      amplada de la peça;

$\beta$      angle entre parell i tirant o peces equivalents, figura 8.14;

$f_{v,d}$     valor de càlcul de la resistència a tallant;

$f_{c,\alpha,d}$     valor de càlcul de la resistència a compressió obliqua, tenint en compte el que s'indica en aquest apartat i en el 8.5.2.

$F_d$       valor de càlcul de la compressió en el parell o peça equivalent.

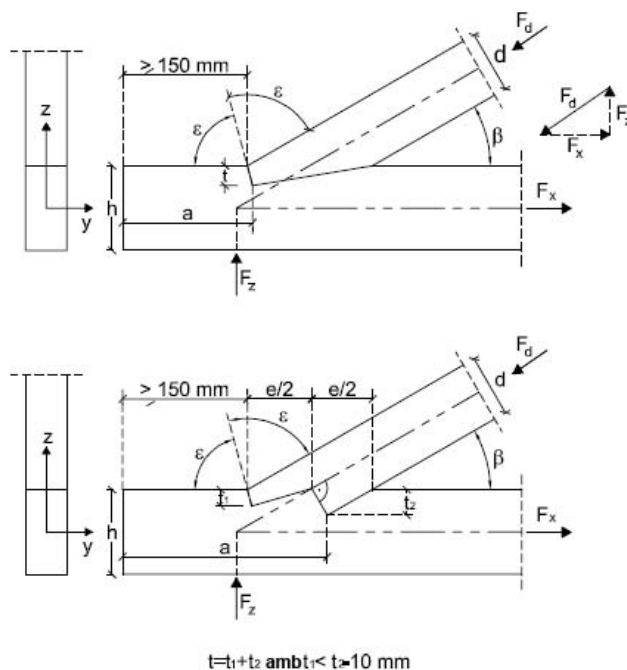


Figura 8.14 Empalmament simple i doble

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

- 2 La profunditat de la metxa ha de complir les condicions establertes a la taula 8.11.

Taula 8.11 Profunditat  $t$ , de la metxa

Empalmament simple	Empalmament doble
$t \leq h/4$ per a $\beta \leq 50^\circ$	$t_1 \leq h/6$
$t \leq h/6$ per a $\beta \geq 60^\circ$	$t_2 \leq h/4$
Per a valors intermedis s'ha d'interpolar linealment	A més: $t_1 < t_2 - 10$ mm

- 3 A la figura 8.14 s'indica un valor  $\varepsilon$  per definir l'angle de tall a la metxa. El valor de  $\varepsilon$  queda definit a partir de l'angle  $\beta$  de manera que  $(\varepsilon = (180-\beta)/2$ , en graus). D'aquesta manera s'optimitza el valor de  $f_{c,\alpha,d}$  a la barbeta. Es pot escollir un altre traçat, però en aquest cas el valor de  $f_{c,\alpha,d}$  ha de ser diferent al definit anteriorment. En cas d'empalmament simple es pot obtenir el valor de  $f_{c,\alpha,d}$  segons l'equació (6.20), utilitzant un valor de  $f_{c,0,d}$  reduït per 0,8, i prenent l'angle  $\alpha$  més desfavorable.

## **9 Fatiga**

### **9.1 Generalitats**

- 1 No és necessari realitzar la comprovació a fatiga, llevat d'en les estructures sotmeses a sol·licitacions de tipus cíclic durant tota o bona part de la vida de l'estructura, i quan aquestes accions tinguin molta importància, cosa gens freqüent en el camp de l'edificació.
- 2 A les passarel·les de vianants i de ciclistes no és necessària la comprovació de la fatiga sota l'efecte del trànsit.

## 10 Sistemes estructurals de fusta i productes derivats

### 10.1 Bigues mixtes

#### 10.1.1 Bigues mixtes de fusta i tauler encolades

##### 10.1.1.1 Principis generals

- 1 Per al càlcul de les tensions s'admeten lleis lineals de variació de deformacions longitudinals unitàries  $\epsilon$ , la qual cosa suposa que es consideren les seccions com a mixtes sense que hi hagi lliscaments entre ànimes i ales en els plans d'encolada.
- 2 Als efectes de càlculs de les tensions normals i tangencials s'admeten, per a peces de relació llum/cantell inferior o igual a 25 i d'una longitud inferior a 12 m, les fórmules clàssiques de resistència de materials considerant la secció composta (sense tenir en compte, per tant, lliscaments entre ànimes i ales en els plans d'encolada), tenint en compte la diferència entre els mòduls d'elasticitat longitudinals de la fusta i el tauler.
- 3 No totes les coles són igual de rígides, i cada vegada s'usen més les coles amb certa capacitat de plastificació; amb això apareix la possibilitat d'un lliscament local en el pla de la cola.

##### 10.1.1.2 Bigues amb ànimes de tauler encolat

- 1 Aquest tipus de biga està formada per ànimes de tauler estructural i ales encolades, de fusta serrada, laminada encolada o microlaminada. En aquest apartat es consideren les bigues de secció en I (doble T) i la biga de caixó (vegeu la figura 10.1).

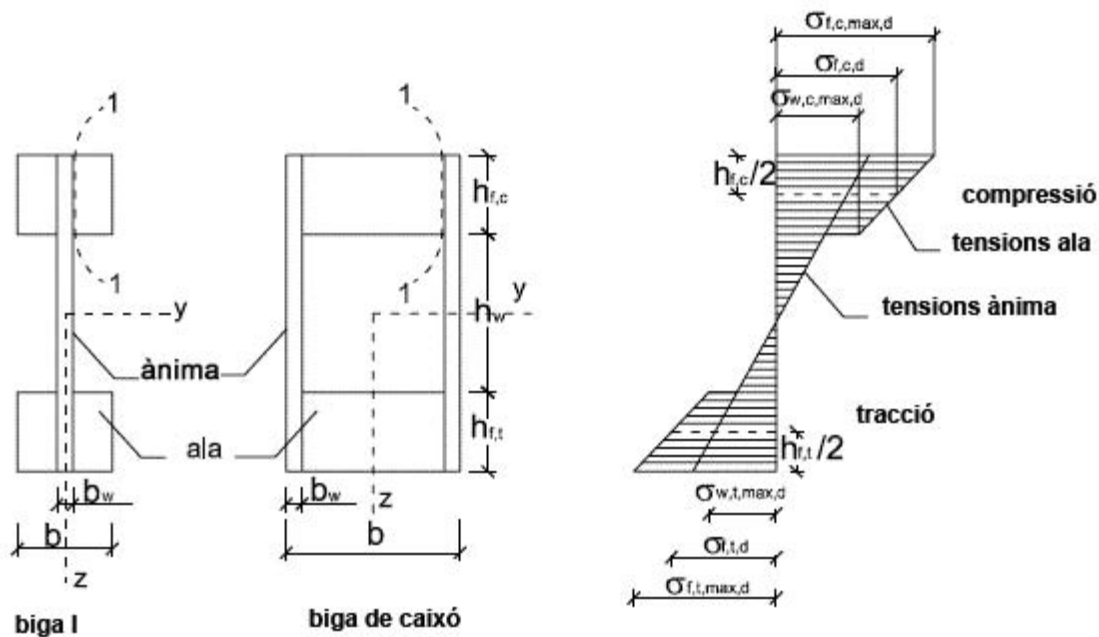


Figura 10.1 Bigues en I o doble T i de caixó d'ànima prima formada per taulers

#### 2 Tensions normals a les ales

Les tensions normals a les ales, considerant una llei de deformació unitària longitudinal plana de la secció de la biga (vegeu la figura 10.1), han de complir les condicions següents:

$$\sigma_{f,c,\max,d} \leq f_{m,d} \quad (10.3)$$

$$\sigma_{f,t,\max,d} \leq f_{m,d} \quad (10.4)$$

$$\sigma_{f,c,d} \leq k_c f_{c,0,d} \quad (10.5)$$

$$\sigma_{f,t,d} \leq f_{t,0,d} \quad (10.6)$$

on:

- $\sigma_{f,c,màx,d}$  tensió de càlcul a compressió en la fibra extrema comprimida de l'ala;  
 $\sigma_{f,t,màx,d}$  tensió de càlcul a tracció en la fibra extrema traccionada de l'ala;  
 $\sigma_{f,c,d}$  valor mitjà de la tensió de càlcul a compressió en l'ala;  
 $\sigma_{f,t,d}$  valor mitjà de la tensió de càlcul a tracció en l'ala;  
 $k_c$  coeficient de vinclament lateral de l'ala comprimida de la biga, per al cas en què la peça no està lligada. Es pot obtenir per a bigues de caixó, com s'indica a l'apartat 6.3.2.2., equació 6.36, per a  $k_{c,z}$ , partint en aquest cas de:

$$\lambda_{rel\ z} = \sqrt{12} \cdot \frac{L_c}{b} \quad (10.7)$$

on:

- $L_c$  distància entre les seccions que tenen impedida la deformació lateral en l'ala comprimida;  
 $b$  segons la figura 10.1;  
 $f_{m,d}$  resistència de càlcul a flexió del material de les ales;  
 $f_{c,0,d}$  resistència de càlcul a compressió paral·lela del material de les ales;  
 $f_{t,0,d}$  resistència de càlcul a tracció paral·lela del material de les ales;

La comprovació estricta de  $\sigma_{f,c,d}$  pertany a l'àmbit de l'estabilitat lateral en flexió, no en flexocompressió, ja que en el diagrama de tensions normals mostrat a la figura 10.1 no s'està considerant cap axial.

### 3 Tensions normals en l'ànima:

- a) les tensions normals en l'ànima han de complir les condicions següents:

$$\sigma_{w,c,màx,d} \leq f_{c,w,d} \quad (10.8)$$

$$\sigma_{w,t,màx,d} \leq f_{t,w,d} \quad (10.9)$$

on:

- $\sigma_{w,c,màx,d}$  tensió de càlcul a compressió en l'ànima per causa de la flexió;  
 $\sigma_{w,t,màx,d}$  tensió de càlcul a tracció en l'ànima per causa de la flexió;  
 $f_{c,w,d}$  resistència de càlcul a compressió en l'ànima en flexió;  
 $f_{t,w,d}$  resistència de càlcul a tracció en l'ànima en flexió.

- b) llevat que es coneguin les resistències a compressió i a tracció del tauler treballant de cantell, els valors de  $f_{c,w,d}$  i  $f_{t,w,d}$  s'han de prendre igual a la resistència de compressió i tracció del tauler treballant de taula.

### 4 Abonyegament de l'ànima.

S'ha de verificar que:

$$h_w \leq 70 \cdot b_w \quad (10.10)$$

i

$$F_{v,w,Sd} \leq \begin{cases} b_w \cdot h_w \cdot \left(1 + \frac{0,5 \cdot (h_{f,t} + h_{f,c})}{h_w}\right) \cdot f_{v,0,d} & \text{per } ah_w \leq 35 \cdot b_w \\ 35 \cdot b_w^2 \cdot \left(1 + \frac{0,5 \cdot (h_{f,t} + h_{f,c})}{h_w}\right) \cdot f_{v,0,d} & \text{per } 35 \cdot b_w \leq h_w \leq 70 \cdot b_w \end{cases} \quad (10.11)$$

$$(10.12)$$

on:

- $h_w, b_w, h_{f,c}$  i  $h_{f,t}$  segons la figura 10.1;  
 $F_{v,w,Sd}$  esforç tallant de càlcul, actuant en cada ànima;  
 $f_{v,0,d}$  ( $=f_{v,p,0,d}$ ) resistència de càlcul a tallant de cisallament del tauler de l'ànima.

### 5 Superfícies crítiques a tensions tangencials de rodolament.

A les seccions 1-1 de la figura 10.1, superfície de contacte tauler-fusta, s'ha de verificar que:

$$\tau_{mitjà,d} \leq \begin{cases} f_{v,90,d} & \text{per a } h_f \leq 4 \cdot b_{ef} \\ f_{v,90,d} \cdot \left(\frac{4 \cdot b_{ef}}{h_f}\right)^{0,8} & \text{per a } h_f > 4 \cdot b_{ef} \end{cases} \quad (10.13)$$

on:

$\tau_{mitjà,d}$  tensió tangencial de càlcul en la superfície de contacte tauler-fusta que admet una distribució uniforme de les tensions tangencials;

$f_{v,90,d}$  ( $=f_{v,r,p,d}$ ) resistència de càlcul a tallant de rodolament en el tauler;

$b_{ef} = b_w$  en bigues de caixó;

$b_{ef} = b_w / 2$  en seccions en doble te;

$h_f$  indistintament  $h_{f,c}$  o  $h_{f,t}$ , figura 10.1

- 6 Per a la determinació de la tensió mitjana de rodolament  $\tau_{mitjà,d}$  en bigues mixtes d'ànima prima encolada, tipus doble T, figura 10.1, s'ha de prendre la més desfavorable de les expressions següents:

$$\tau_{mitjà,d} = \frac{F_{v,w,Sd} \cdot S_y}{2 \cdot h_{f,c} \cdot I_y} \quad \text{si } h_{f,c} < h_{f,t} \quad (10.15)$$

$$\tau_{mitjà,d} = \frac{F_{v,w,Sd} \cdot S_y}{2 \cdot h_{f,t} \cdot I_y} \quad \text{si } h_{f,c} \geq h_{f,t} \quad (10.16)$$

on:

$F_{v,w,Sd}$  esforç tallant de càlcul;

$S_y$  moment estàtic de l'ala de la secció homogeneïtzada, respecte a l'eix y;

$I_y$  moment d'inèrcia de la secció homogeneïtzada respecte a l'eix y;

$h_{f,c}$  i  $h_{f,t}$  cantells de les ales (figura 10.1).

**10.1.1.3 Bigues de caixó amb ales encolades al tauler**

- 1 Aquest tipus de bigues estan formades per ànimes de fusta serrada, fusta laminada encolada o microlaminada i ales de taulers.
- 2 Per al càlcul es descomponen en seccions eficaces en I (doble T) i en U (vegeu la figura 10.2).
- 3 S'ha de prendre en consideració la distribució no uniforme de tensions normals a les ales que es deuen al retard per tallant i a l'abonyegament. Amb aquesta finalitat s'ha de considerar, tal com s'exposa més endavant, una amplada eficaç o equivalent del tauler ( $b_{ef}$ ).

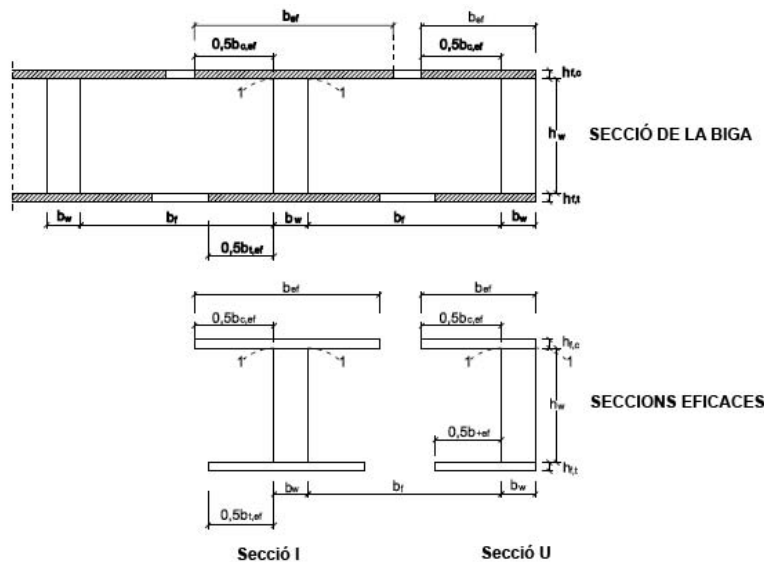


Figura 10.2 Biga de caixó d'ales primes

- a) Amplada eficaç de les ales  $b_{ef}$ :

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

- i) com a model d'anàlisi proposat, el conjunt s'ha de considerar com una sèrie de bigues amb secció en I o en U, figura 10.2, amb una amplada eficaç de les ales  $b_{ef}$  que ha de complir les condicions següents:
- en seccions en I (interiors):
 
$$b_{ef} = b_{c,ef} + b_w \quad \text{ala comprimida} \quad (10.17)$$

$$b_{ef} = b_{t,ef} + b_w \quad \text{ala traccionada} \quad (10.18)$$
  - en seccions en U (extrems):
 
$$b_{ef} = 0,5 \cdot b_{c,ef} + b_w \quad \text{ala comprimida} \quad (10.19)$$

$$b_{ef} = 0,5 \cdot b_{t,ef} + b_w \quad \text{ala traccionada} \quad (10.20)$$
- ii) els valors màxims d'amplades eficaces de  $b_{c,ef}$  i  $b_{t,ef}$  no han de superar el valor màxim calculat per flexibilitat enfront d'esforços rasants. A més,  $b_{c,ef}$  no ha de ser més gran que el valor màxim calculat tenint en compte l'abonyegament de l'ala. Aquests valors màxims s'indiquen a la taula 10.1.

**Taula 10.1. Valors màxims d'amplades eficaces ( $b_{c,ef}$ , o  $b_{t,ef}$ ) de l'ala degudes a l'efecte de la flexibilitat enfront d'esforços rasants i abonyegament**

Material de l'ala	Amplada que es deu a l'efecte de:	
	Flexibilitat per rasant	Abonyegament
Tauler contraxapat amb la direcció de la fibra en les xapes exteriors		
paral·lela a les ànimes	0,1·l	20·h <sub>f</sub>
perpendicular a les ànimes	0,1·l	25·h <sub>f</sub>
Tauler d'encenalls orientats (OSB)	0,15·l	25·h <sub>f</sub>
Tauler de partícules i tauler de fibres amb orientació aleatòria de les partícules	0,2·l	30·h <sub>f</sub>

és, segons el que correspongui,  $h_{f,c}$  o  $h_{f,t}$  (vegeu la figura 10.2)

$h_f$  llum de la biga

l

- iii) com a model d'anàlisi del vinclament de les ales ha de complir la condició següent:

$$b_f \leq 2 b_e \quad (10.21)$$

on:

$b_e$  valor de l'amplada eficaç de l'ala a causa de l'efecte del vinclament local (abonyegament), taula 10.1.

$b_f$  distància lliure entre ànimes (vegeu la figura 10.2).

- b) Tensions normals a les ales (en l'amplada eficaç  $b_{ef}$ , apartat a).

Les tensions normals en l'amplada eficaç de les ales,  $b_{ef}$ , tenint en compte un repartiment uniforme de tensions a l'amplada eficaç i la resta d'hipòtesis ja exposades, han de complir les condicions següents:

$$\sigma_{f,c,d} \leq f_{f,c,d} \quad \text{ala comprimida} \quad (10.22)$$

$$\sigma_{f,t,d} \leq f_{f,t,d} \quad \text{ala traccionada} \quad (10.23)$$

on:

$\sigma_{f,c,d}$  valor mitjà de la tensió de càlcul de compressió a l'amplada eficaç de l'ala comprimida;

$\sigma_{f,t,d}$  valor mitjà de la tensió de càlcul de tracció a l'amplada eficaç de l'ala traccionada;



- $f_{f,c,d}$  resistències de càlcul a compressió del tauler utilitzat per a les ales;  
 $f_{f,t,d}$  resistències de càlcul a tracció del tauler utilitzat per a les ales.

c) Tensions normals a les ànimes.

Les tensions normals a les ànimes han de satisfer les equacions 10.8 i 10.9.

d) Superfícies crítiques a tensions de rodolament:

i) A les superfícies 1-1 de contacte fusta-tauler, figura 10.2, s'ha de verificar que:

- en seccions en doble te:

$$\tau_{mitjà,d} \leq \begin{cases} f_{v,90,d} & \text{per a } b_w \leq 8 \cdot h_f \\ f_{v,90,d} \cdot \left(\frac{8 \cdot h_f}{b_w}\right)^{0,8} & \text{per a } b_w > 8 \cdot h_f \end{cases} \quad (10.24)$$

$$\tau_{mitjà,d} \leq \begin{cases} f_{v,90,d} & \text{per a } b_w \leq 8 \cdot h_f \\ f_{v,90,d} \cdot \left(\frac{8 \cdot h_f}{b_w}\right)^{0,8} & \text{per a } b_w > 8 \cdot h_f \end{cases} \quad (10.25)$$

on:

$\tau_{mitjà,d}$  tensió tangencial de càlcul a la superfície de contacte tauler-fusta calculada admetent una distribució uniforme de les tensions tangencials;

$f_{v,90,d}$  ( $=f_{v,r,p,d}$ ) resistència de càlcul a tallant de rodolament;

$h_f$  és, segons el que correspongui,  $h_{f,c}$  o  $h_{f,t}$ .

- en seccions en U:

$$\tau_{mitjà,d} \leq \begin{cases} f_{v,90,d} & \text{per a } b_w \leq 4 \cdot h_f \\ f_{v,90,d} \cdot \left(\frac{4 \cdot h_f}{b_w}\right)^{0,8} & \text{per a } b_w > 4 \cdot h_f \end{cases} \quad (10.26)$$

$$\tau_{mitjà,d} \leq \begin{cases} f_{v,90,d} & \text{per a } b_w \leq 4 \cdot h_f \\ f_{v,90,d} \cdot \left(\frac{4 \cdot h_f}{b_w}\right)^{0,8} & \text{per a } b_w > 4 \cdot h_f \end{cases} \quad (10.27)$$

e) Condició dels empalmaments.

Quan sigui necessari realitzar empalmaments s'ha de verificar que tenen la resistència suficient.

### 10.1.2 Bigues mixtes acoblades amb mitjans de fixació mecànics

- 1 Si la secció transversal d'una peça està formada per diverses parts connectades amb mitjans mecànics de fixació s'ha de tenir en compte el lliscament dels acoblaments.
- 2 Els càlculs poden considerar que entre força i lliscament hi ha una relació lineal, que en alguns casos s'inclou en aquest DB a través del coeficient  $K_{ser}$  (taula 7.1).
- 3 És necessari ressaltar que la taula 7.1 no inclou clavilles inclinades (amb diferents tècniques d'acoblament), de rigidesa molt superior a les col·locades ortogonalment a les peces que acoblen. En aquest cas, i sempre que el sistema permeti la formació d'un mecanisme de biela tirant amb la biela inclinada formant angles entre  $40^\circ$  i  $60^\circ$  amb el pla de contacte, i per a peces la llum de les quals sigui inferior a 12 m, es pot prescindir del lliscament de l'acoblament i realitzar l'anàlisi amb la secció total a través de la teoria clàssica de resistència de materials.
- 4 En el cas de disposar els mitjans de fixació a distàncies variables entre  $s_{mín}$  i  $s_{màx} \leq 4 \cdot s_{mín}$  en la direcció longitudinal, la força rasant es pot obtenir considerant una separació eficaç  $s_{ef}$ , definida per l'expressió:

$$s_{ef} = 0,75 \cdot s_{mín} + 0,25 \cdot s_{màx} \quad (10.28)$$

## 10.2 Recolzaments compostos

1 Per al càlcul dels recolzaments compostos inclosos en aquest apartat, a més d'altres hipòtesis que s'exposaran després, es considera un model de flexió en biga Vierendeel (entramat sense triangulacions i amb empalmaments de nus rígid) en què els moments flectors locals dels cordons són nuls en els punts equidistants de les platabandes d'unió. Perquè l'efecte Vierendeel es produeixi, s'ha de complir (vegeu la figura 10.3), a més de les comprovacions de resistència que s'exposaran, la relació ( $L_1/L_2 \leq 6$ ). Aquest requisit va dirigit a garantir una relació d'inèrcies raonable, que en tot cas es pot obtenir d'una altra manera, però que en aquest cas s'ha de modelitzar de forma particular.

2 Es prescindeix de qualsevol lliscament local als acoblaments de les platabandes d'unió i els cordons.

### 10.2.1 Recolzaments compostos empalmats per separadors o platabandes d'unió

1 Els tipus de recolzaments considerats es mostren a la figura 10.3; són recolzaments formats per diversos cordons empalmats amb separadors o platabandes d'unió.

Els acoblaments es poden realitzar mitjançant claus, encolada o perns amb connectors.

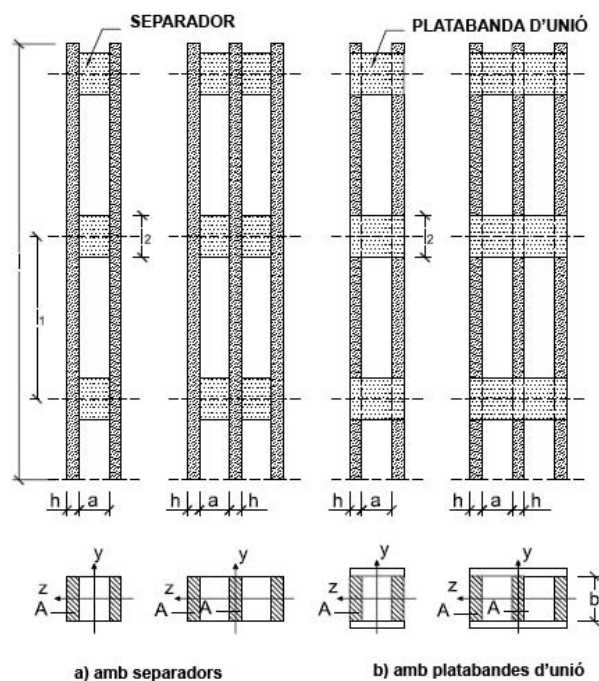


Figura 10.3 Recolzaments compostos: a) amb separadors. b) amb platabandes d'unió

Per a columnes amb dos cordons d'àrea A, l'àrea  $A_{tot}$  i el moment d'inèrcia total  $I_{tot}$  es determinen segons les expressions següents:

$$A_{tot} = 2A$$

$$I_{tot} = b((2h + a)^3 - a^3)/12$$

Per a columnes amb tres cordons,  $A_{tot}$  i  $I_{tot}$  es calculen segons:

$$A_{tot} = 3A$$

$$I_{tot} = b((3h + 2a)^3 - (h + 2a)^3 - h^3) / 12$$

on:

$A_{tot}$  i A àrea total de la secció transversal del recolzament i d'un cordó, respectivament.

$I_{tot}$  i  $I_z$  moment d'inèrcia respecte a l'eix y i respecte a l'eix z, respectivament.

a, b i h separació entre cordons, amplada i gruix del cordó, respectivament.

**10.2.1.1 Hipòtesis**

- 1 S'han de tenir en compte les hipòtesis següents (vegeu la figura 10.3):
  - a) el recolzament es troba sotmès a càrrega axial concèntrica  $F_c$ ;
  - b) els recolzaments estan biarticulats amb una longitud  $l$ ;
  - c) els cordons són d'una peça amb la longitud completa del recolzament;
  - d) la secció transversal està formada per 2, 3 o 4 cordons iguals;
  - e) la secció transversal té dos eixos de simetria;
  - f) el nombre mínim de trams en què queda dividit el recolzament és de 3; és a dir, els cordons es troben connectats almenys en els extrems i en els dos punts intermedis situats als terços de la longitud del recolzament;
  - g) la distància lliure entre cordons,  $a$ , no és superior a 3 vegades el gruix del cordó,  $h$ , en recolzaments amb separadors i a 6 vegades el gruix del cordó en recolzaments amb platabandes d'unió;
  - h) els esforços dels separadors i les platabandes d'unió es calculen d'acord amb l'apartat 10.2.1.3;
  - i) la dimensió del separador,  $l_2$ , compleix la condició següent:  $l_2/a \geq 1,5$ ;
  - j) la dimensió de la platabanda d'unió,  $l_2$ , compleix la condició següent:  $l_2/a \geq 2$ ;
  - k) hi ha com a mínim 4 claus o 2 pernys amb connectors a cada pla de tallant. En acoblaments clavats hi ha almenys 4 claus situats en una fila a cada extrem, en la direcció longitudinal del recolzament.

**10.2.1.2 Capacitat de càrrega**

- 1 S'ha de prendre, com a capacitat de càrrega del recolzament, la que resulti inferior de calcular a vinclament respecte a les dues direccions principals (vegeu la figura 10.3):
  - a) Vinclament amb desplaçament en la direcció  $y$  (flectant respecte a l'eix  $z$ - $z$ ).  
S'ha de comprovar cada cordó per resistir la càrrega  $F_c/n$  ( $n$ , nombre de cordons i  $F_c$ , càrrega axial concèntrica) aplicant l'equació 6.34.
  - b) Vinclament amb desplaçament en la direcció  $z$  (flectant respecte a l'eix  $y$ - $y$ ).

S'ha de complir que:

$$\sigma_{c,o,d} \leq k_c f_{c,o,d} \quad (10.29)$$

on:

$$\sigma_{c,o,d} = \frac{F_{c,Sd}}{A_{tot}} \quad (10.30)$$

$F_{c,Sd}$  valor de càlcul de la càrrega axial concèntrica aplicada;

$A_{tot}$  àrea total de la secció transversal (vegeu la figura 10.3);

$f_{c,o,d}$  resistència de càlcul a compressió paral·lela a la fibra de la fusta del cordó;

$k_c$  coeficient de vinclament determinat segons l'equació 6.36 corresponent a l'esveltesa eficaç,  $\lambda$ , que s'estableix a continuació:

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + \eta \frac{n}{2} \lambda_1^2} \quad (10.31)$$

on:

$\lambda$  esveltesa mecànica d'un recolzament de secció massissa amb la mateixa longitud ( $l$ ), la mateixa àrea ( $A_{tot}$ ) i el mateix moment d'inèrcia ( $I_{tot}$ ), és a dir:

$$\lambda = l \sqrt{\frac{A_{tot}}{I_{tot}}} \quad (10.32)$$

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

$\lambda_1$  esveltesa mecànica dels cordons. S'ha de prendre per a  $\lambda_1$  el valor més gran dels dos següents:

$$\lambda_1 = \sqrt{12} \frac{l_1}{h} \quad (10.33)$$

$$\lambda_1 = 30 \quad (10.34)$$

$l_1$  i  $h$  segons la figura 10.2;  
 $n$  nombre de cordons;  
 $\eta$  factor obtingut de la taula 10.2.

Taula 10.2 Factor  $\eta$ 

Durada de la càrrega <sup>(1)</sup>	Acoblament dels separadors			Acoblament de les platabandes d'unió	
	Encolades	Amb claus	Amb pernys i connectors	Encolades	Clavades
Permanent/llarga	1	4	3,5	3	6
Mitjana/curta	1	3	2,5	2	4,5

<sup>(1)</sup> Vegeu la classe de durada de la càrrega a l'apartat 2.2.2.1

## 10.2.1.3 Esforços a les peces de fixació, separadors i platabandes d'unió

- 1 L'esforç a les peces de fixació, separadors i platabandes d'unió s'ha de deduir d'acord amb el que s'indica a la figura 10.4, en funció de l'esforç tallant total en els cordons,  $V_d$ , obtingut mitjançant les expressions següents:

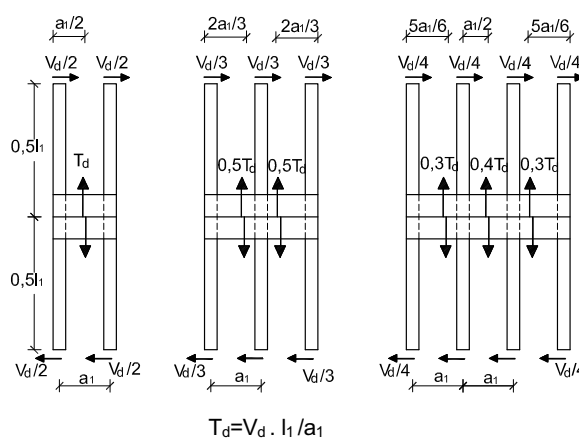


Figura 10.4 Distribució d'esforços en cordons, separadors i platabandes d'unió

$$V_d = \frac{F_{c,d}}{120k_c} \quad \text{per a } \lambda_{ef} < 30 \quad (10.35)$$

$$V_d = \frac{F_{c,d} \lambda_{ef}}{3600k_c} \quad \text{per a } 30 \leq \lambda_{ef} < 60 \quad (10.36)$$

$$V_d = \frac{F_{c,d}}{60k_c} \quad \text{per a } 60 \leq \lambda_{ef} \quad (10.37)$$

on:

$F_{c,d}$  valor de càlcul de l'esforç axial aplicat;  
 $\lambda_{ef}$  esveltesa eficaç obtinguda de l'equació 10.31;  
 $k_c$  coeficient de vinclament associat a l'esveltesa mecànica  $\lambda_{ef}$ , obtingut al punt b de l'apartat 10.2.1.2.

- 2 De la figura 10.4 s'estableixen els esforços, així com altres consideracions relatives a esforços i lliscament dels acoblaments, que s'han de tenir en compte en el càlcul i el dimensionament de cordons, separadors i platabandes d'unió.

a) Esforç tallant al cordó.

Com a conseqüència del tallant total, cada cordó ha de resistir un esforç tallant perpendicular a la fibra, de valor:

$$V_d/n \quad (10.38)$$

on:

$V_d$       esforç tallant total del recolzament segons les expressions 10.35 a 10.37;  
 $n$         nombre de cordons del recolzament.

b) Esforços en separadors i platabandes d'unió.

Cada separador i platabanda d'unió s'ha de calcular per resistir els esforços següents:

i) tallant:

- recolzament de dos cordons;

$$T_{2,s,d} = V_d l_1/a_1 \quad \text{per a cada separador} \quad (10.39)$$

$$T_{2,p,d} = 0,5.V_d l_1/a_1 \quad \text{per a cada platabanda d'unió} \quad (10.40)$$

- recolzament de tres cordons;

$$T_{3,s,d} = 0,5.V_d l_1/a_1 \quad \text{per a cada separador} \quad (10.41)$$

$$T_{3,p,d} = 0,25.V_d l_1/a_1 \quad \text{per a cada platabanda d'unió} \quad (10.42)$$

- recolzament de quatre cordons.

$$T_{4,s,e,d} = 0,3.V_d l_1/a_1 \quad \text{per a cada separador extrem} \quad (10.43)$$

$$T_{4,s,c,d} = 0,4.V_d l_1/a_1 \quad \text{per a cada separador central} \quad (10.44)$$

$$T_{4,p,e,d} = 0,15.V_d l_1/a_1 \quad \text{per a cada platabanda d'unió extrema} \quad (10.45)$$

$$T_{4,p,c,d} = 0,2.V_d l_1/a_1 \quad \text{per a cada platabanda d'unió central} \quad (10.46)$$

ii) moment (només per a platabandes d'unió):

- recolzament de dos cordons;

$$M_{2,p,d} = T_d \cdot a_1/4 \quad \text{per a cada platabanda d'unió} \quad (10.47)$$

- recolzament de tres cordons;

$$M_{3,p,d} = T_d \cdot a_1/3 \quad \text{per a cada platabanda d'unió} \quad (10.48)$$

- recolzament de quatre cordons.

$$M_{4,p,d} = T_d \cdot a_1/2,4 \quad \text{per a cada platabanda d'unió} \quad (10.49)$$

on:

$V_d$       esforç tallant total del recolzament definit en el punt a;

$T_d = V_d \cdot l_1/a_1$ ;

$l_1$       separació entre acoblaments amb separadors o platabandes d'unió (vegeu la figura 10.3);

$a_1 = a+h$ ;

$a$  i  $h$       separació entre cordons i gruix del cordó, respectivament (vegeu la figura 10.3).

c) Esforços als acoblaments (cordó-separador o cordó-platabanda d'unió).

L'acoblament (cordó-separador o cordó-platabanda d'unió), tant encolat com amb elements mecànics de fixació, ha de resistir els esforços que li corresponguin dels determinats anteriorment, equacions 10.38 a 10.49.

## 10.3 Gelosies

### 10.3.1 Disposicions generals

- 1 En les gelosies carregades predominantment en els nusos, l'índex que correspon a la suma dels índexs procedents de la combinació dels esforços axials de compressió i de flexió, equacions 6.23 i 6.24, es limita a 0,9 en comptes d'1.
- 2 Per a les barres comprimides, la longitud eficaç de vinclament és igual a la distància màxima entre dos punts d'inflexió consecutius de la deformada.  
Per a gelosies triangulades en la seva totalitat, s'ha de prendre una longitud de vinclament al pla de la gelosia i a cada barra igual a la distància entre dos dels nusos que la defineixen. Així mateix, s'ha de comprovar l'estabilitat de la gelosia fora del seu pla.
- 3 En les gelosies en què es realitzi una anàlisi simplificada, a les equacions (6.1) i (6.4), la resistència a tracció i compressió de la fusta en la direcció de la fibra s'ha de reduir un 30% i s'ha de prendre un valor de comparació amb les tensions de càlcul de  $0,7 f_{t,0,d}$  i de  $0,7 f_{c,0,d}$ .
- 4 Tots els acoblaments han de ser capaços de transmetre una força  $F_{r,d}$  actuant en qualsevol direcció dins del pla de la gelosia. Se suposa que aquesta força  $F_{r,d}$  actua durant un temps d'aplicació curt, en una classe de servei 2 i amb el valor següent:

$$F_{r,d} = 1,0 + 0,1 \cdot L \quad (\text{kN}) \quad (10.50)$$

on:

L longitud total de la gelosia en metres.

### 10.3.2 Gelosies amb acoblaments de plaques dentades

- 1 S'han d'aplicar els principis generals recollits a 5.4.4. i els que s'indiquen en aquest apartat.
- 2 En gelosies totalment triangulades en què una càrrega concentrada petita té un component perpendicular a la barra inferior a 1,5 kN, i on  $\sigma_{c,d} < 0,4 \cdot f_{c,d}$  i  $\sigma_{t,d} < 0,4 \cdot f_{t,d}$  els requisits dels apartats 6.2.2 i 6.2.3 es poden substituir per:  
$$\sigma_{m,d} \leq 0,75 f_{m,d} \quad (10.51)$$
- 3 El cavalcament mínim d'una placa dentada sobre qualsevol barra de fusta ha de ser superior a 40 mm i a un terç del cantell de la barra.
- 4 Les plaques dentades utilitzades als empalmaments de cordons han de cobrir almenys 2/3 de l'altura de la secció de la barra.

## 10.4 Diafragmes

### 10.4.1 Diafragmes de forjats i cobertes

#### 10.4.1.1 Anàlisi simplificada

- 1 Aquest apartat es refereix a diafragmes simplement recolzats de forjats i cobertes, formats per taulers estructurals units a l'entramat de fusta mitjançant elements mecànics de fixació (claus, grapes, tirafons, perns).
- 2 La capacitat de càrrega dels elements de fixació als marges del tauler es pot incrementar multiplicant per un factor d'1,2 els valors obtinguts amb el capítol 8 relatiu al càlcul d'acoblaments.
- 3 L'anàlisi simplificada de diafragmes simplement recolzats sol·licitats per una càrrega repartida uniformement es pot realitzar com s'indica més endavant sempre que es compleixin les condicions següents:

- a) la llum  $L$  varia entre  $2b$  i  $6b$ , on  $b$  és el cantell del diafragma;
- b) la fallada del diafragma és deguda als mitjans de fixació i no als taulers;
- c) els panells es fixen d'acord amb les especificacions donades a l'apartat 10.4.1.2.

Els cordons de marge (vegeu la figura 10.6) s'han de projectar per resistir l'esforç axial de tracció o compressió,  $N$ , derivat del moment flector:

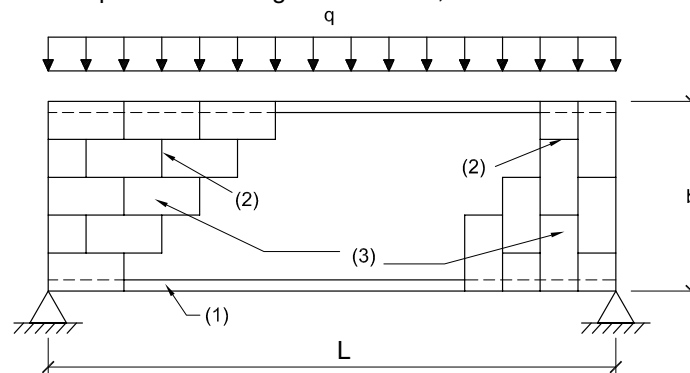
$$N=M/b \quad (10.52)$$

on:

$$M=ql^2/8 \quad (10.53)$$

Se suposa que les tensions tangencials degudes als esforços tallants que actuen sobre el diafragma es reparteixen uniformement a tot el cantell ( $b$ ).

- 4 Si els panells es disposen a portell (vegeu la figura 10.6) la separació entre claus als marges discontinus d'encontre entre panells es pot incrementar un 50% més (fins a un màxim de 150 mm) sense aplicar cap reducció a la capacitat de càrrega. Així mateix, es recomana l'ús de la disposició a portell.

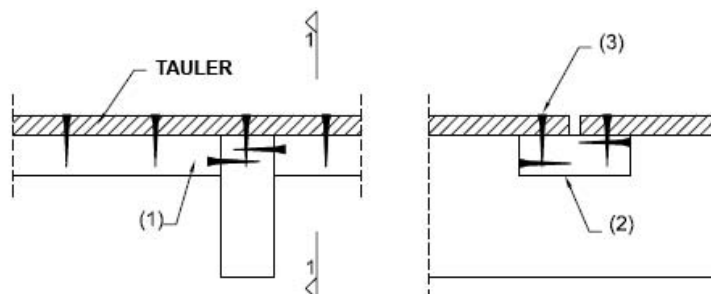


- (1) Cordons de marge.
- (2) Disposició d'empalmaments de taulers a portell.
- (3) Disposició dels taulers.

**Figura 10.6** Diafragma de forjat de coberta amb càrrega uniforme i taulers a portell (no es dibuixen els muntants que serveixen de recolzament als taulers)

#### 10.4.1.2 Consideracions constructives

- 1 L'aplicació del mètode simplificat de càlcul requereix que els taulers que no estiguin suportats per biguetes o parells d'encavallades es connectin els uns als altres utilitzant llistons/tapajunts que permetin la fixació resistent del tauler al marge esmentat (vegeu la figura 10.7). S'han d'utilitzar claus anellats, claus corrugats o tirafons amb una separació màxima de 150 mm al llarg dels marges del tauler. En les línies internes l'espaiament màxim no ha de ser superior a 300 mm.



**Figura 10.7** Exemples d'acoblaments entre taulers i muntants

### 10.4.2 Diafragma de murs

- 1 En aquest apartat s'estableixen les condicions específiques addicionals perquè un entramat de fusta amb paraments de taulers estructurals actui com a mur-diafragma amb independència que l'entramat (muntants, testeres, etc.) i els taulers s'hagin de calcular per resistir altres combinacions d'accions.
- 2 Per garantir l'efecte diafragma vertical (travada-rigidesa) els taulers han d'anar units en tot el seu perímetre a l'entramat de fusta mitjançant elements mecànics de fixació. També s'han de fixar a les peces de fusta de l'entramat que quedin dins del perímetre del tauler (muntants centrals).

#### 10.4.2.1 Principis generals

- 1 La resistència al desquadrament dels murs-diafragma es pot determinar a partir de resultats d'assajos de prototips que s'han d'ajustar a la norma UNE EN 594 o mitjançant el procediment simplificat descrit en l'apartat 10.4.2.2).

#### 10.4.2.2 Anàlisi simplificada

- 1 Es denomina panell un element que es tanca amb un tauler i mòdul a un sol panell o a diversos que treballen en conjunt.
- 2 La resistència al desquadrament,  $F_{v,Rd}$ , d'un mur diafragma, que consta d'un o més panells en què cada tauler queda fixat a un sol costat de l'entramat de fusta mitjançant elements mecànics de fixació, assegurat convenientment a l'aixecament (mitjançant forces verticals o ancoratges), sol·licitat per una força horitzontal  $F_k$  que actua al marge superior, es pot determinar pel procediment simplificat que s'indica a continuació, sempre que es compleixin les condicions següents:

- a) La separació entre els elements de fixació és constant al llarg del perímetre de cada tauler i
- b) L'amplada  $b_i$  de cada panell és igual o superior a  $h/4$ .

on:

$b_i$  i  $h$  longitud i altura, respectivament, del panell (vegeu la figura 10.7).

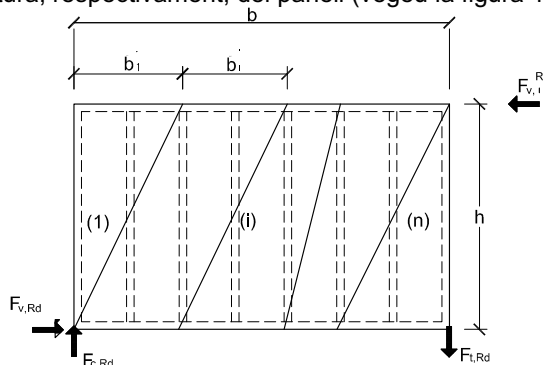


Figura 10.7 Mur diafragma

- 3 El valor de càlcul de la resistència al desquadrament,  $F_{v,Rd}$ , d'un mur diafragma que consta de diversos panells amb un sol tauler fixat a una banda de l'entramat es pot calcular aplicant la fórmula següent:

$$F_{v,Rd} = \sum F_{i,v,Rd} \quad (10.54)$$

on:

$F_{i,v,Rd}$  la resistència al desquadrament de cada panell (vegeu la figura 10.8) definida per l'expressió:

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd} \cdot b_i \cdot c_i}{s} \quad (10.55)$$



on:

$F_{f,Rd}$  valor de càlcul de la capacitat de càrrega lateral per element de fixació.  
 $s$  separació entre elements de fixació.

$b_i$  amplada del mòdul ( $b_1, b_i, b_j, b_n$ , (vegeu la figura 10.8));  
 $s$  separació entre elements de fixació;  
 $c_i=1$  per a  $b_i \geq h/2$ ;  
 $c_i= b_i/(h/2)$  per a  $b_i < h/2$ .

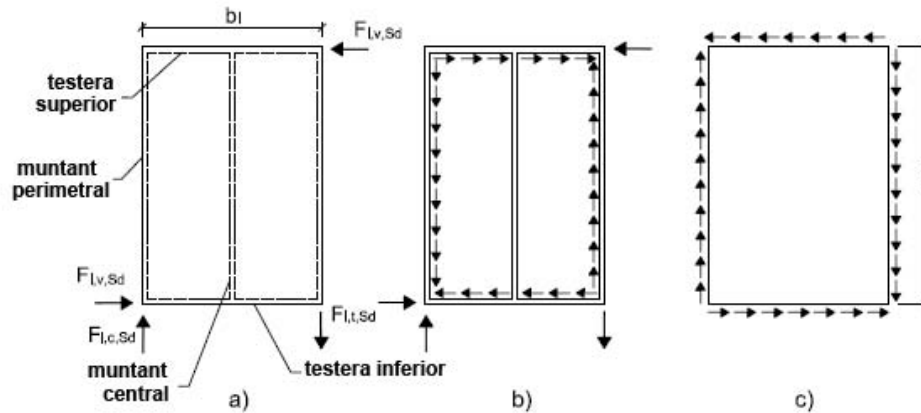


Figura 10.8 Sol·licitacions sobre un panell

- 4 La capacitat de càrrega obtinguda d'acord amb el capítol 8 es pot multiplicar per 1,2 per als elements de fixació disposats al perímetre del tauler. En la determinació de la separació dels mitjans de fixació d'acord amb els requisits del capítol 8, els marges s'han de considerar com a descarregats.
- 5 Els panells del mur diafragma que tinguin obertures de portes o finestres no es tenen en compte en la contribució a la resistència al desquadament del grup (mur diafragma). Per a murs diafragma formats amb mòduls amb taulers a les dues cares són aplicables les regles següents:
  - a) si els taulers i mitjans de fixació són del mateix tipus i dimensió, la resistència al desquadament del mur-diafragma és la suma de les resistències corresponents a cada parament;
  - b) si a cada parament s'utilitzen diferents tipus de taulers es pot afegir a la resistència al desquadament del parament més resistent el 75% de la resistència del parament més feble, sempre que els mitjans de fixació tinguin el mateix mòdul de lliscament. Als casos restants no s'ha d'afegir més del 50% de la resistència del parament més feble.
- 6 Les forces externes  $F_{i,c,Sd}$  i  $F_{i,t,Sd}$  (vegeu la figura 10.9) es poden determinar mitjançant l'expressió següent:

$$F_{i,c,Sd} = F_{i,t,Sd} = \frac{F_{i,v,Sd} \cdot h}{b_i} \quad (10.56)$$

on  $F_{i,v,Sd}$  la força que actua sobre el panell  $i$ .

Aquestes forces es poden transmetre als mòduls adjacents del mur-diafragma o a la construcció situada per damunt o per sota. Si es transmeten forces de tracció a la construcció situada per sota, el panell s'ha d'ancorar adequadament. Si les forces són de compressió els muntants s'han de comprovar a vinclament d'acord amb l'apartat 6.3.2.2. En els casos en què els muntants descansen sobre les testeres s'ha de comprovar la compressió perpendicular a la fibra d'acord amb l'apartat 6.1.5.

- 7 Les forces externes  $F_{v,Sd}$  que es presenten en els mòduls que contenen obertures de portes o finestres o panells d'amplada inferior a  $h/4$  es poden transmetre al llarg de tota la testera superior (vegeu la figura 10.9) i originar, igualment, forces que poden ser de tracció o compressió en la construcció situada al nivell superior i inferior.

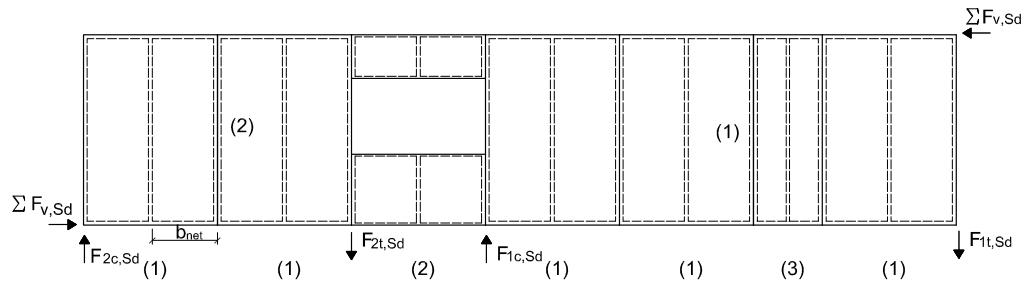
- 8 Es pot ignorar el vinclament del tauler si es compleix que:

$$\frac{b_{net}}{t} \leq 65 \quad (10.57)$$

on:

$b_{net}$  espai lliure entre muntants (vegeu la figura 10.9);  
 $t$  gruix del tauler.

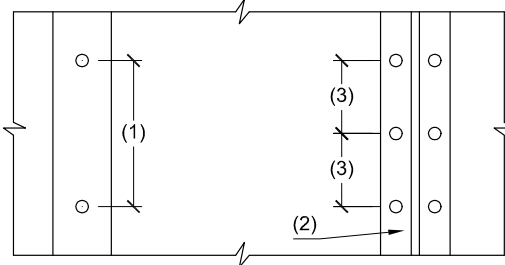
- 9 Perquè el muntant central del mòdul es pugui considerar que actua com a recolzament del tauler la separació dels mitjans de fixació no ha de ser superior al doble de la separació dels mitjans de fixació en el perímetre.
- 10 Quan cada mòdul és un element de paret prefabricat, s'ha de comprovar que la transferència de les forces de tall entre mòduls es realitza adequadament.



**Figura 10.9** Exemple d'un conjunt de murs diafragma amb panells que contenen obertures de portes o finestres i panell d'amplada inferior

#### 10.4.2.3 Consideracions constructives

- 1 El mètode simplificat de càlcul definit anteriorment suposa que la fixació del tauler s'efectua amb una separació màxima dels claus o tirafons al llarg dels marges de 150 mm per als claus i 200 mm per als tirafons. A les línies interiors la separació màxima ha de ser de 300 mm.



- (1) Separació màxima entre claus, 300 mm, als muntants centrals.  
 (2) Muntant perimetral.  
 (3) Separació màxima entre claus, 150 mm, als muntants perimetrales.

**Figura 10.10** Fixació de taulers en panell de mur-diafragma

## 10.5 Travades

### 10.5.1 Peces simples amb restriccions intermèdies

- 1 En peces simples comprimides, que requereixin restriccions laterals intermèdies a intervals  $a$  (vegeu la figura 10.12.), les desviacions inicials de la forma recta entre els punts de restricció s'han de prendre, per al seu càlcul, com  $a/500$  en elements de fusta laminada encolada i de fusta microlaminada i  $a/300$  en altres peces.
- 2 En casos de peritatge es poden admetre desviacions inicials superiors.
- 3 Cada restricció intermèdia ha d'aportar un coeficient de rigidesa mínim  $C$  definit per l'expressió següent:

$$C = k_s \frac{N_d}{a} \quad (10.58)$$

on:

$N_d$  valor mitjà de càlcul de la sol·licitació axial de compressió en la combinació més desfavorable;

$a$  separació entre seccions travades;

$k_s$  factor de modificació deduït de l'expressió:

$$k_s = 2(1 + \cos \pi/m) \quad (10.59)$$

on:

$m$  nombre d'obertures de longitud  $a$ .

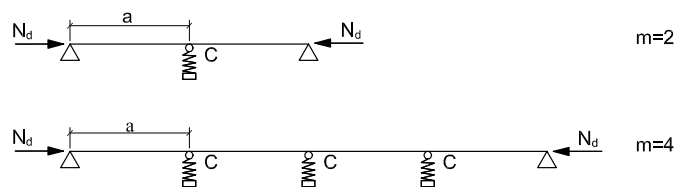


Figura 10.12 Peces simples amb restriccions laterals intermèdies

- 4 Com a conseqüència de la restricció aportada per les barres de lligat es genera en els punts de travada una força d'estabilització,  $F_d$ , definida de la manera següent:

- a) Recolzaments o peces comprimides.

El valor de càlcul de la força d'estabilització  $F_d$ , en cada punt de restricció de la peça, s'ha de prendre com a mínim:

$$F_d = N_d / 80 \text{ per a fusta massissa;} \quad (10.60)$$

$$F_d = N_d / 100 \text{ per a fusta laminada encolada i microlaminada.} \quad (10.61)$$

- b) Bigues o peces flectades.

El valor de càlcul de la força d'estabilització  $F_d$  del marge comprimit d'una biga o peça flectada de secció rectangular s'ha de determinar utilitzant les fórmules anteriors (10.60) i (10.61), prenent com a axial  $N_d$  el valor deduït de l'expressió següent:

$$N_d = (1 - k_{crit}) \frac{M_d}{h} \quad (10.62)$$

on:

$k_{crit}$  valor del factor per bolcada lateral (vegeu l'apartat 6.3.3.3), considerant la biga o peça flectada no travada lateralment en tota la seva longitud;  
 $M_d$  moment flector màxim de càlcul a la biga o peça flectada;  
 $h$  cantell de la peça simple flectada.

S'ha de tenir en compte que la força d'estabilització  $F_d$  pot actuar en els dos sentits (compressió i tracció) en cada punt de restricció lateral i que a més de la força axial  $F_d$  o la que resulti de l'acumulació de dues o més forces  $F_d$  procedents d'altres barres de lligat (vegeu la figura 10.13) pot haver-hi altres sol·licitacions ocasionades per càrregues que recolzen directament.

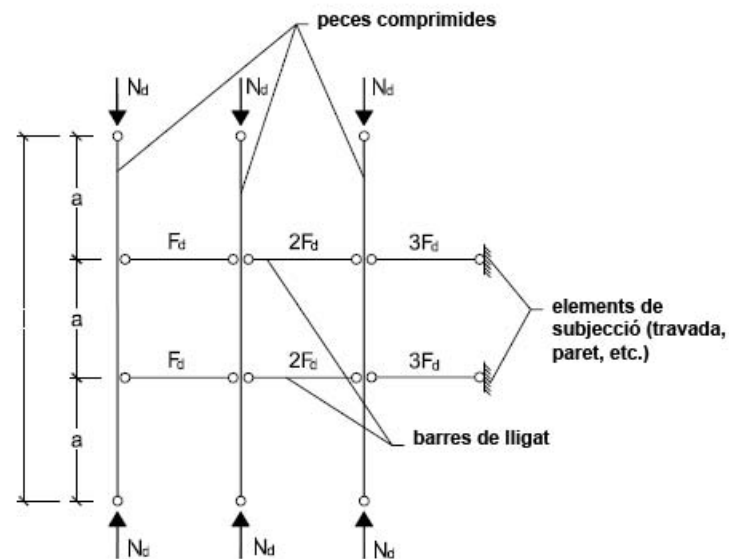


Figura 10.13 Possible acumulació de càrregues axials en barres de lligat

El coeficient de rigidesa d'un recolzament determinat és igual al valor de la càrrega necessària per provocar un desplaçament unitat.

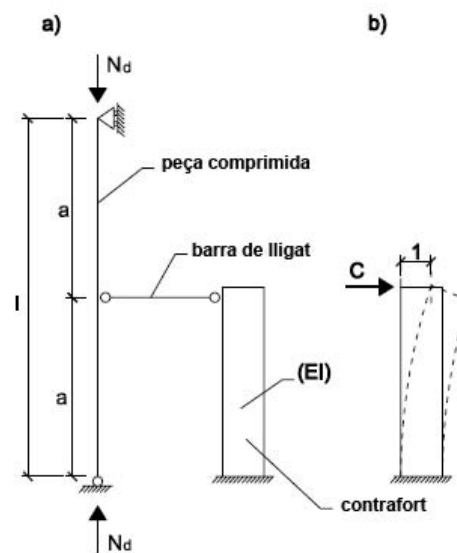


Figura 10.14

### 10.5.2 Sistemes de bigues i encavallades amb travada

- 1 En una sèrie de  $n$  peces paral·leles (com bigues o parells d'encavallades) que requereixen restriccions laterals en punts intermedis A, B, etc. (vegeu la figura 10.15), s'ha de disposar un sistema de travada que, a més dels esforços derivats d'altres accions que poden actuar (per exemple, càrrega de vent), resisteixi una càrrega lineal  $q_d$  definida mitjançant l'equació:

$$q_d = k_1 \frac{nN_d}{50 \cdot L} \quad (10.63)$$

on:

$n$  nombre de peces travades associades a la travada;

$N_d$  valor mitjà (al llarg de l'element hi pot haver un esforç variable) de càlcul de la sol·licitació axial de compressió en la combinació més desfavorable;

$L$  longitud de la peça en m;

$k_1$  factor d'imperfeció corresponent al valor inferior dels dos següents:

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} k_1 = 1 \\ k_1 = \sqrt{\frac{15}{L}} \end{array} \right. \quad (10.64)$$

La fletxa horitzontal al centre de l'obertura per causa de  $q_d$  actuant sola no ha de superar  $L/700$ ; i amb qualsevol altra combinació d'accions que també inclogui  $q_d$  no ha de superar  $L/500$ .

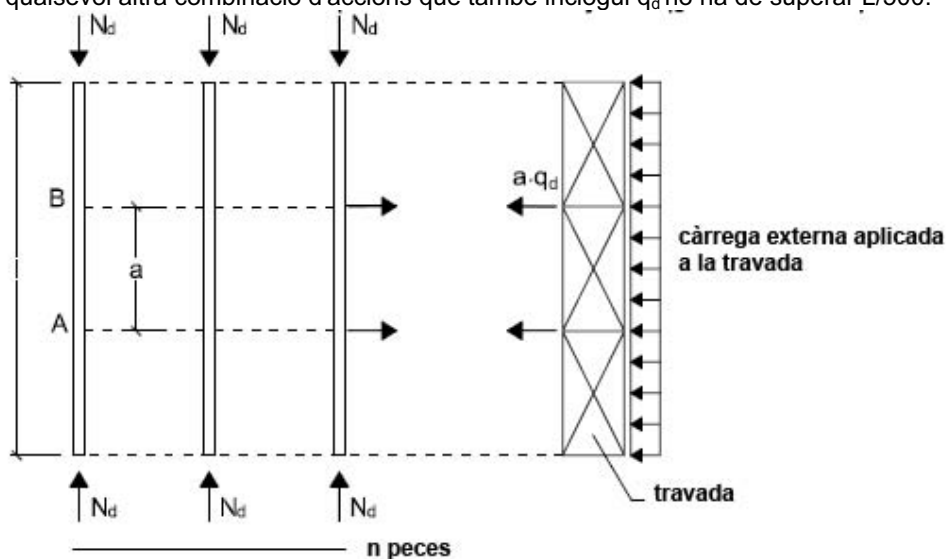


Figura 10.15 Sistema de bigues o encavallades que requereixen restriccions laterals

## 11 Execució

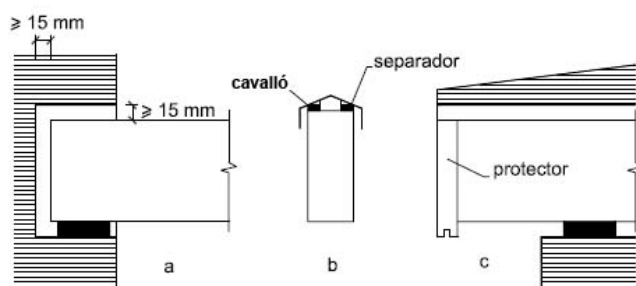
### 11.1 Principis generals

#### 11.1.1 Materials

- 1 Abans de la seva utilització en la construcció, la fusta s'ha d'assecar, en la mesura que sigui possible, fins a assolir continguts d'humitat adequats a l'obra acabada (humitat d'equilibri higroscòpic).
- 2 Si els efectes de les contraccions o minves no es consideren importants, o si han estat reemplaçades les parts danyades de l'estructura, es poden acceptar continguts més elevats d'humitat durant el muntatge sempre que s'asseguri que la fusta es podrà assecar al contingut d'humitat desitjat.

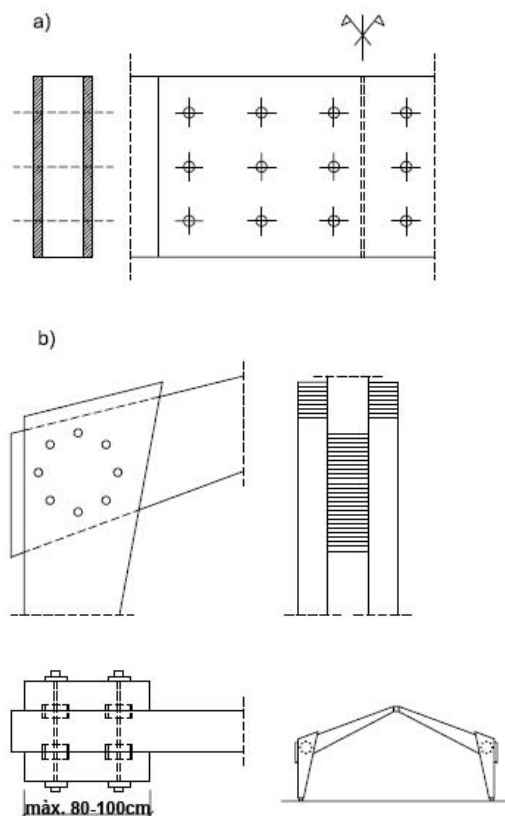
#### 11.1.2 Detalls constructius

- 1 Amb vista a la formalització de juntes entre elements, i per a elements formats amb fusta de conífera, s'han de tenir en compte les variacions dimensionals d'origen higrotèrmic següents:
  - a) Per a taulers contraxapats i d'OSB, i en el seu pla, han de ser com a màxim de valor 0,02% per cada 1% de variació de contingut d'humitat.
  - b) Per a fusta serrada, laminada o microlaminada es pot prendre, per cada 1% de variació de contingut d'humitat, un valor de 0,01% en direcció longitudinal i 0,2% en la transversal (aquesta última correspon en realitat a la tangencial, i la radial es pot prendre com 0,1%).
- 2 A continuació s'enumeren una sèrie de bones pràctiques que milloren notablement la durabilitat de l'estructura:
  - a) evitar el contacte directe de la fusta amb el terreny, mantenint una distància mínima de 20 cm i disposant un material hidròfug (barrera antihumitat);
  - b) evitar que les arrencades de recolzaments i arcs quedin embegudes en el formigó o un altre material de fàbrica. Per a això s'han de protegir de la humitat col·locant-los a una distància suficient del terra o sobre capes impermeables;
  - c) ventilar els encontres de bigues en murs, mantenint una separació mínima de 15 mm entre la superfície de la fusta i el material del mur. El recolzament en la seva base s'ha de realitzar a través d'un material intermedi, separador, que no transmeti la possible humitat del mur (vegeu la figura 11.1.(a));
  - d) evitar acoblaments en què es pugui acumular l'aigua;
  - e) protegir la cara superior dels elements de fusta que estiguin exposats directament a la intempèrie i en què es pugui acumular l'aigua. En el cas d'utilitzar un cavalló (normalment de xapa metàl·lica), aquest ha de permetre, a més, l'aeració de la fusta que cobreix (vegeu la figura 11.1.(b));
  - f) evitar que les testes dels elements estructurals de fusta quedin exposades a l'aigua de pluja ocultant-les, quan sigui necessari, amb una peça de remat protector (vegeu la figura 11.1.(c));
  - g) facilitar, en general, al conjunt de la coberta l'evacuació ràpida de les aigües de pluja i disposar sistemes de desguàs de les condensacions en els llocs pertinents.



**Figura 11.1. Exemples de detalls constructius de protecció d'elements estructurals**

- 3 Els possibles canvis de dimensions, produïts per l'inflament o la minva de la fusta, no han de quedar restringits pels elements d'acoblament:
- en general, en peces de cantell superior a 80 cm, no s'han d'utilitzar empalmaments ni nusos rígids realitzats amb plaques d'acer que coartin el moviment de la fusta (vegeu la figura 11.3.a);
  - les solucions amb plaques d'acer i perns queden limitades a situacions en què s'esperen petits canvis de les condicions higrotèrmiques de l'ambient i el cantell dels elements estructurals no supera els 80 cm. Passa el mateix en acoblaments de tipus corona en els nusos d'acoblament de pilar/llinda en pòrtics de fusta laminada, figura 11.3.



a) Empalmament amb tapajunts metàl·lics que abraçen les dues peces. Es fixen amb perns i connectors. Si s'utilitzen plaques metàl·liques és necessari tenir en compte l'efecte de restricció dels moviments de la fusta per canvis del contingut d'humitat. Per aquest motiu queden limitats els cantells de les peces a unir.

b) Acoblament en corona de nus de pòrtic. Es tracta d'un acoblament rígid entre les dues peces que constitueixen el pilar i la llinda, que queda abraçada per les peces del pilar. L'acoblament es realitza mitjançant una sèrie de perns més connectors segons les necessitats del càlcul, que cusen les tres peces. És aconsellable que el cantell de la peça no superi els 80 cm.

**Figura 11.2 Acoblaments en corona**

## 12 Toleràncies

### 12.1 Principis generals

- 1 Les exigències relatives a les dimensions i a les toleràncies de fabricació dels elements estructurals es poden establir en el projecte, de forma específica, en funció de les condicions de fabricació i muntatge. Si no s'especifiquen en el projecte el fabricant o subministrador ha de complir el que s'indica a continuació.

### 12.2 Elements estructurals

- 1 Les toleràncies dimensionals, o desviacions admissibles respecte a les dimensions nominals de la fusta serrada, s'han d'ajustar als límits de tolerància de la classe 1 definits a la norma UNE EN 336 per a coníferes i pollancre. Aquesta norma s'aplica, també, per a fustes d'altres espècies de frondoses amb els coeficients d'inflament i minva corresponents, mentre no hi hagi una norma pròpia.
- 2 Les toleràncies dimensionals, o desviacions admissibles respecte a les dimensions nominals de la fusta laminada encolada, s'han d'ajustar als límits de tolerància definits a la norma UNE EN 390.
- 3 El bombat de columnes i bigues mesurat en el punt mitjà de l'obertura, en els casos en què es puguin presentar problemes d'inestabilitat lateral, o en barres de pòrtics, s'ha de limitar a 1/500 de la longitud de l'obertura en peces de fusta laminada i microlaminada o a 1/300 en peces de fusta massissa.

### 12.3 Gelosies amb acoblaments de plaques dentades

- 1 Durant la fabricació, les peces han d'estar lliures de distorsions dins dels límits definits a la norma EN TC 124-1.3. Tanmateix, si les peces es distorsionen durant el període de temps que transcorre entre la fabricació i el muntatge es poden redreçar sense causar dany a la fusta o als acoblaments. En aquest cas les encavallades es poden considerar vàlides per al seu ús.
- 2 Després del muntatge, s'admet un bombat màxim de 10 mm en qualsevol peça de la cintra sempre que s'afermi de manera segura a la coberta acabada de forma que s'eviti el moment provocat per la distorsió esmentada.
- 3 Després del muntatge, la desviació màxima d'una cintra respecte a la vertical no ha d'excedir el valor de  $10 + 5 \cdot (H - 1)$  mm, amb un valor màxim de 25 mm; on H és l'altura (diferència de cota entre recolzaments i punt més alt), expressada en metres.



## 13 Control

### 13.1 Subministrament i recepció dels productes

#### 13.1.1 Identificació del subministrament

- 1 En l'albarà de subministrament o, si s'escau, en documents a part, el subministrador ha de facilitar, almenys, la informació següent per a la identificació dels materials i dels elements estructurals:
  - a) amb caràcter general:
    - nom i adreça de l'empresa subministradora;
    - nom i adreça de la fàbrica o de la serradora, segons el que correspongui;
    - data del subministrament;
    - quantitat subministrada;
    - certificat d'origen, i distintiu de qualitat del producte, si s'escau.
  - b) amb caràcter específic:
    - i) fusta serrada:
      - espècie botànica i classe resistent (la classe resistent es pot declarar indirectament mitjançant la qualitat amb indicació de la norma de classificació resistent utilitzada);
      - dimensions nominals;
      - contingut d'humitat o indicació d'acord amb la norma de classificació corresponent.
    - ii) tauler:
      - tipus de tauler estructural segons norma UNE (amb declaració dels valors de les propietats de resistència, rigidesa i densitat associades al tipus de tauler estructural);
      - dimensions nominals.
    - iii) element estructural de fusta laminada encolada:
      - tipus d'element estructural i classe resistent (de la fusta laminada encolada emprada);
      - dimensions nominals;
      - marcatge segons UNE EN 386.
    - iv) altres elements estructurals realitzats al taller:
      - tipus d'element estructural i declaració de la capacitat portant de l'element amb indicació de les condicions de recolzament (o els valors de les propietats de resistència, rigidesa i densitat dels materials que el formen);
      - dimensions nominals.
    - v) fusta i productes derivats de la fusta tractats amb productes protectors:
      - certificat del tractament en què ha de constar:
        - la identificació de l'aplicador;
        - l'espècie de fusta tractada;
        - el protector emprat i el seu número de registre (Ministeri de Sanitat i Consum);
        - el mètode d'aplicació utilitzat;

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

- la categoria de risc que cobreix;
  - la data del tractament;
  - precaucions a prendre davant mecanitzacions posteriors al tractament;
  - informacions complementàries, si s'escau.
- vi) elements mecànics de fixació:
- tipus (clau amb ressals, tirafons, balda, pern o grapa o sense) i resistència característica a tracció de l'acer i tipus de protecció contra la corrosió;
  - dimensions nominals;
  - declaració, quan sigui procedent, dels valors característics de resistència a l'aplatament i moment plàstic per a acoblaments fusta-fusta, fusta-tauler i fusta-acer.

**13.1.2 Control de recepció a l'obra**

## 1 Comprovacions:

- a) quan els productes arribin a l'obra, el director de l'execució de l'obra ha de comprovar:
- i) amb caràcter general:
    - aspecte i estat general del subministrament;
    - que el producte és identificable, segons l'apartat 13.1.1, i s'ajusta a les especificacions del projecte.
  - ii) amb caràcter específic:
    - s'ha de realitzar, també, les comprovacions que en cada cas es considerin oportunes de les que s'estableixen a continuació, llevat, en principi, de les que estiguin avalades pels procediments reconeguts al CTE;
    - fusta serrada:
      - espècie botànica: la identificació anatòmica s'ha de realitzar al laboratori especialitzat;
      - classe resistent: la propietat o propietats de resistència, rigidesa i densitat s'han d'especificar segons notació i assajos de l'apartat 4.1;
      - toleràncies en les dimensions: s'han d'ajustar a la norma UNE EN 336 per a fustes de coníferes. Aquesta norma, quan no existeixi una norma pròpia, s'ha d'aplicar també a fustes de frondoses amb els coeficients d'inflament i minva de l'espècie de frondosa utilitzada;
      - contingut d'humitat: llevat d'especificació en contra, ha de ser  $\leq 20\%$  segons UNE 56529 o UNE 56530.
    - taulars:
      - propietats de resistència, rigidesa i densitat: s'han de determinar segons notació i assajos de l'apartat 4.4;
      - toleràncies en les dimensions: segons UNE EN 312-1 per a taulars de partícules, UNE EN 300 per a tauler d'encenalls orientats (OSB), UNE EN 622-1 per a taulars de fibres i UNE EN 315 per a taulars contraxapats;
    - elements estructurals de fusta laminada encolada:
      - classe resistent: la propietat o propietats de resistència, de rigidesa i la densitat s'han d'especificar segons la notació de l'apartat 4.2;
      - toleràncies en les dimensions: segons UNE EN 390.
    - altres elements estructurals realitzats al taller.

---

Document bàsic SE-M Estructures de fusta

---

Tipus, propietats, toleràncies dimensionals, planitud, contrafletxes (si s'escau): comprovacions segons l'especificat en la documentació del projecte.

- fusta i productes derivats de la fusta, tractats amb productes protectors.

Tractament aplicat: s'ha de comprovar la certificació del tractament.

- elements mecànics de fixació.

S'ha de comprovar la certificació del tipus de material utilitzat i del tractament de protecció.

## 2 Criteri general de no-acceptació del producte

L'incompliment d'alguna de les especificacions d'un producte, llevat que es demostrï que no suposa cap risc apreciable, tant de les resistències mecàniques com de la durabilitat, és condició suficient per a la no-acceptació del producte i, si s'escau, de la partida.

## Annex A. Terminologia

- 1 En aquest apartat es recopilen només els termes propis de les estructures de fusta que s'esmenten al CTE però no es defineixen expressament.

**Biga mixta d'ales primes encolades:** biga formada per fusta a l'ànima i tauler a les ales, encolat a l'ànima.

**Biga mixta d'ànima prima encolada:** biga formada per tauler a l'ànima i fusta a les ales, encolada a l'ànima.

**Capa de xapes de fusta:** peça plana formada per una, dues o més xapes de fusta de la mateixa espècie arbòria i amb les mateixes propietats mecàniques. Quan la formen dues o més xapes van encolades entre si amb la direcció de la fibra paral·lela. Vegeu tauler contraxapat.

**Contingut d'humitat de la fusta:** massa d'aigua continguda a la fusta, expressada en percentatge respecte a la seva massa anhidra. Vegeu humitat d'equilibri higroscòpic.

**Cordons:** peces principals, en recolzaments compostos, de fusta serrada o de fusta laminada encolada.

**Direcció de la fibra:** direcció de les cèl·lules allargades que constitueixen fonamentalment la fusta i són visibles en la superfície de talls plans i paral·lels a l'eix d'un tronc d'un arbre fuster. En general, la direcció de la fibra coincideix amb la direcció de l'eix longitudinal de la peça de fusta serrada (taula, tauló, etc.)

**Element mecànic de fixació:** dispositiu d'acoblament com clau, tirafons (cargol rosca fusta), balda i pern.

**Fusta:** matèria llenyosa i lignocel·lulòsica situada entre la medul·la i l'escorça d'un arbre o arbust. Com a material de construcció, en estructures de fusta, les espècies arbòries més utilitzades són les fustes de coníferes (grup botànic de les gimnospermes) i les fustes de frondoses (grup botànic de les dicotiledònies). Vegeu:

- fusta serrada;
- fusta laminada encolada;
- tauler.

**Fusta serrada:** peça de fusta massissa obtinguda per serrada de l'arbre generalment escairada, és a dir, amb cares paral·leles entre si i cantells perpendiculars a aquestes. Se la denomina també:

- fusta massissa (vegeu, a fusta massissa, una altra accepció);
- fusta estructural.

**Fusta de coníferes:** vegeu fusta.

**Fusta de frondoses:** vegeu fusta.

**Fusta estructural:** vegeu fusta.

**Fusta laminada encolada (element estructural de):** element estructural format per làmines de fusta encolades en diverses capes superposades fins a aconseguir l'altura (cantell mecànic) en cada secció transversal de l'element estructural projectat. Vegeu:

- fusta laminada encolada homogènia;
- fusta laminada encolada combinada.

**Fusta laminada encolada combinada (element estructural de):** element estructural de fusta laminada encolada la secció transversal de la qual està constituïda per làmines de fusta de diferent classe resistent, de tal forma que les làmines extremes són de classe resistent superior a les internes (pròximes a l'eix neutre de la secció).

**Fusta laminada encolada homogènia (element estructural de):** element estructural de fusta laminada encolada la secció transversal de la qual està constituïda per làmines de fusta de la mateixa classe resistent.

**Fusta massissa:** denominació, molt estesa, per a la fusta serrada i que es pot estendre a la fusta de roll. En la determinació de la classe d'ús d'atac d'agents biològics s'entén per fusta massissa tant la fusta serrada com la fusta laminada encolada.

**Fusta microlaminada:** producte derivat de la fusta per a ús estructural fabricat amb xapes de fusta de petit gruix (de l'ordre de 3 a 5 mm) encolades amb la mateixa direcció de la fibra. Amb freqüència és coneguda amb les sigles del seu nom en anglès, LVL.

**Humitat d'equilibri higroscòpic:** contingut d'humitat de la fusta quan no intercanvia vapor d'aigua amb l'atmosfera que l'envolta, si es manté constant la parella de valors higrotèrmics temperatura i humitat relativa de l'aire. A cada parella de valors higrotèrmics li correspon, per tant, una humitat d'equilibri higroscòpic en la fusta.

**Làmina de fusta:** cadascuna de les capes que formen un element estructural de *fusta* laminada encolada.

Una capa o làmina de fusta està formada per taules de fusta serrada, normalment de la mateixa espècie arbòria i de la mateixa classe resistent, empalmades a testa, mitjançant acoblaments dentats encolats i, si s'escau, també lateralment de forma que cada làmina abraci tota l'amplada i longitud de la capa corresponent de l'element estructural.

Aquesta disposició garanteix que la direcció de la fibra de les taules es correspongui, constantment, amb la direcció de la directriu de la làmina de fusta.

**Marge:** aresta paral·lela a l'eix longitudinal d'una peça de fusta de secció rectangular. Cada element mecànic de fixació s'ha de situar, en un acoblament determinat, a una distància mínima del marge. Vegeu testa.

**Matèria activa d'un protector de la fusta:** compost químic o substància inclosa en un producte protector de la fusta per dotar-lo d'una activitat específica enfront dels diversos tipus d'agents biològics destructors de la fusta.

**Platabanda d'unió:** peça de fusta que empalma exteriorment, en cada tram, tots els cordons d'un recolzament compost.

**Producte derivat de la fusta:** vegeu tauler.

**Separador:** peça de fusta que empalma interiorment, en cada tram, dos cordons d'un recolzament compost.

**Tauler:** peça en què predominen la longitud i l'amplada sobre el gruix, i en què l'element constituït principal és la fusta. Es coneix, també, com a producte derivat de la fusta. Vegeu:

- tauler contraxapat;
- tauler de fibres;
- tauler de partícules (tauler aglomerat i tauler d'encenalls).

En les estructures de fusta dels taulers anteriors s'utilitzen només els que, en les normes UNE corresponents, s'especifiquen per a ús estructural o d'alta prestació estructural (aquest últim amb propietats de resistència i de rigidesa més grans que l'anàleg estructural).

**Tauler aglomerat:** vegeu tauler de partícules.

**Tauler contraxapat:** tauler format per capes de xapes de fusta encolades de manera que les direccions de les fibres de dues capes consecutives formin un cert angle, generalment de 90°.

**Tauler de fibres:** tauler format per fibres lignocel·lulòsiques mitjançant l'aplicació de calor i/o pressió. La cohesió s'aconsegueix per les propietats adhesives intrínseques de les fibres o per addició d'un aglomerant sintètic. Vegeu:

- tauler de fibres dur;
- tauler de fibres semidur.

**Tauler de fibres de densitat mitjana:** tauler de fibres fabricat pel procés en sec, utilitzant un aglomerant sintètic així com pressió i calor. Vulgarment es coneix com tauler DM o MDF.

**Tauler de fibres dur:** tauler de fibres fabricat pel procés en humit que té una densitat superior o igual a 900 kg/m<sup>3</sup>.

**Tauler de fibres semidur:** tauler de fibres fabricat pel procés en humit que té una densitat compresa entre 400 i 900 kg/m<sup>3</sup>. Si la densitat se situa entre 400 i 560 kg/m<sup>3</sup> es denominen taulers semidurs de baixa densitat, i si la densitat se situa entre 560 i 900 kg/m<sup>3</sup> es denominen taulers semidurs d'alta densitat.

**Tauler de fusta massissa:** tauler fabricat fonamentalment amb taules, plaquetes o llistons de fusta units entre si per diferents mitjans com ara l'encolada, encadellament, revestiment amb xapes, etc.

**Tauler de partícules:** tauler format per partícules de fusta o d'un altre material llenyós, aglomerades entre si mitjançant un adhesiu i pressió, a la temperatura adequada.

El terme *tauler de partícules* és sinònim de *tauler aglomerat*. La denominació correcta hauria de ser tauler aglomerat de partícules de fusta, però és més conegut per les denominacions anteriors.

**Tauler d'encenalls:** tauler de constitució similar al de partícules però fabricat amb encenalls de dimensions més grans. Les seves propietats mecàniques són majors.

**Tauler d'encenalls orientats OSB (Oriented Strand Board):** tauler d'encenalls en què els encenalls de les capes externes estan orientats seguint la direcció longitudinal del tauler, per la qual cosa les propietats mecàniques del tauler s'incrementen en aquesta direcció i disminueixen en la direcció perpendicular.

**Testa:** extrem pla i perpendicular a l'eix longitudinal d'una peça de fusta de secció rectangular. Cada element mecànic de fixació s'ha de situar, en un acoblament determinat, a una distància mínima de la testa. Vegeu marge.

**Xapa de fusta:** fulla de fusta de gruix inferior a 7 mm obtinguda, d'un tronc d'arbre fuster, per desentrellament o a la plana i amb la qual es forma la capa de xapes d'un tauler contraxapat.

## Annex B. Notació i unitats

### B.1 Notació

#### Majúscules llatines (majúscules i minúscules)

A	àrea; acció accidental
$A_d$	valor de càlcul d'una acció accidental
$A_k$	valor característic d'una acció accidental
C	valor fixat (en estats límit de servei); coeficient de rigidesa (en travada)
$C_d$	valor fixat de càlcul (valor nominal, valor del límit admissible en estats límit de servei)
$C_e$	coeficient d'esveltesa geomètrica de bolcada lateral
E	efecte de les accions; mòdul d'elasticitat
$E_d$	valor de càlcul dels efectes de les accions
$E_{d,dst}$	valor de càlcul dels efectes de les accions desestabilitzadores
$E_{0,k}$	mòdul d'elasticitat característic paral·lel a la fibra de la fusta serrada ( $=E_{0,05}$ )
$E_{0,g,k}$	mòdul d'elasticitat característic paral·lel a la fibra de la fusta laminada encolada ( $=E_{0,05,g}$ )
$E_{0,05}$	mòdul d'elasticitat característic, percentil 5%, paral·lel a la fibra de la fusta serrada ( $=E_{0,k}$ )
$E_{0,05,g}$	mòdul d'elasticitat característic, percentil 5%, paral·lel a la fibra de la fusta laminada encolada ( $=E_{0,g,k}$ )
$E_{0,mitjà}$	mòdul d'elasticitat característic mitjà paral·lel a la fibra de la fusta serrada
$E_{0,g,mitjà}$	mòdul d'elasticitat característic mitjà paral·lel a la fibra de la fusta laminada encolada
$E_{90,mitjà}$	mòdul d'elasticitat característic mitjà perpendicular a la fibra de la fusta serrada
$E_{90,g,mitjà}$	mòdul d'elasticitat característic mitjà perpendicular a la fibra de la fusta laminada encolada
$E_{m,p}$	mòdul d'elasticitat característic mitjà en flexió del tauler estructural
$E_{t,p}$	mòdul d'elasticitat característic mitjà en tracció del tauler estructural
$E_{c,p}$	mòdul d'elasticitat característic mitjà en compressió del tauler estructural
F	acció; força
$F_d$	valor de càlcul d'una acció
$F_k$	valor característic d'una acció
$F_{v,d}$	valor de càlcul de la resistència al desquadrament (mur diafragma)
G	acció permanent; mòdul d'elasticitat transversal
$G_d$	valor de càlcul d'una acció permanent
$G_k$	valor característic d'una acció permanent
$G_{k,inf(sup)}$	valor característic inferior (superior) d'una acció permanent
$G_{mitjà}$	mòdul d'elasticitat transversal característic mitjà de la fusta serrada
$G_{g,mitjà}$	mòdul d'elasticitat transversal característic mitjà de la fusta laminada encolada
$G_{v,p}$	mòdul d'elasticitat característic mitjà a tallant en el gruix del tauler estructural
I	moment d'inèrcia
$K_{ser}$	mòdul instantani de lliscament per a estats límit de servei (acoblements amb elements mecànics de fixació)
$K_u$	mòdul instantani de lliscament per a estats límit últims (acoblements amb elements mecànics de fixació)
L	longitud
M	moment flector
$M_{ap,d}$	moment flector de càlcul en la secció del vèrtex (bigues de fusta laminada encolada amb zona de vèrtex)
$M_d$	moment flector de càlcul
$M_{y,d}$	moment plàstic de càlcul d'un element mecànic de fixació
$M_{y,k}$	moment plàstic característic d'un element mecànic de fixació
N	força (càrrega) axial; esforç normal
$N_d$	valor de càlcul de la càrrega axial a compressió
P	càrrega puntual (aïllada)
Q	acció variable
$Q_d$	valor de càlcul d'una acció variable
$Q_k$	valor característic d'una acció variable
R	resistència; reacció en el recolzament
$R_{a,d}$	valor de càlcul de la capacitat de càrrega axial (a l'arrencada) d'un element mecànic de fixació. (vegeu $R_d$ )
$R_d$	valor de càlcul de la resistència ( $=R(X_d, a_d, \dots)$ ); resposta estructural

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

$R_d$	valor de càlcul de la capacitat de càrrega lateral (a cisallament) d'un element mecànic de fixació (vegeu $R_{a,d}$ )
$S$	sol·licitació; moment estàtic (de primer ordre)
$S_d$	valor de càlcul de la sol·licitació
$S_z$	moment estàtic de l'ala respecte a l'eix z (biga d'ànima prima encolada)
$V$	esforç tallant; volum
$V$	volum de la zona del vèrtex (bigues de fusta laminada encolada amb zona de vèrtex)
$V_o$	volum de referència ( $=0,01 \text{ m}^3$ ) (bigues de fusta laminada encolada amb zona de vèrtex)
$V_b$	volum total de la biga (bigues de fusta laminada encolada amb zona de vèrtex)
$V_d$	esforç tallant de càlcul
$V_k$	esforç tallant característic
$W$	mòdul resistent
$X$	valor d'una propietat d'un material
$X_d$	valor de càlcul d'una propietat d'un material
$X_k$	valor característic d'una propietat d'un material

**Minúscules romanes**

$a$	dada geomètrica; distància; separació
$a_d$	valor de càlcul d'una dada geomètrica
$a_{nom}$	valor nominal d'una dada geomètrica
$a_1$	separació entre elements mecànics de fixació, en direcció paral·lela a la fibra de la fusta
$a_2$	separació entre elements mecànics de fixació, en direcció perpendicular a la fibra de la fusta
$a_{3,c}$	separació entre l'element mecànic de fixació i la testa no carregada
$a_{3,t}$	separació entre l'element mecànic de fixació i la testa carregada
$a_{4,c}$	separació entre l'element mecànic de fixació i el marge no carregat
$a_{4,t}$	separació entre l'element mecànic de fixació i el marge carregat
$b$	dada geomètrica; amplada
$b_e$	amplada deguda al vinclament per abonyegament (biga mixta d'ales primes encolades)
$b_{ef}$	amplada eficaç de l'ala comprimida (biga mixta d'ales primes encolades)
$b_v$	amplada deguda al desfasament del tallant (biga mixta d'ales primes encolades)
$b_w$	amplada de l'ànima (bigues mixtes d'ànima o ales primes encolades)
$c$	dada geomètrica; distància
$d$	diàmetre d'un element mecànic de fixació; distància
$e$	excentricitat; gruix
$f$	resistència d'un material (propietat resistent)
$f_{c,0,d}$	resistència de càlcul a compressió paral·lela a la fibra de la fusta serrada
$f_{c,0,g,d}$	resistència de càlcul a compressió paral·lela a la fibra de la fusta laminada encolada
$f_{c,p,d}$	resistència de càlcul a compressió del tauler estructural
$f_{c,0,k}$	resistència característica a compressió paral·lela a la fibra de la fusta serrada
$f_{c,0,g,k}$	resistència característica a compressió paral·lela a la fibra de la fusta laminada encolada
$f_{c,90,d}$	resistència de càlcul a compressió perpendicular a la fibra de la fusta serrada
$f_{c,90,g,d}$	resistència de càlcul a compressió perpendicular a la fibra de la fusta laminada encolada
$f_{c,90,k}$	resistència característica a compressió perpendicular a la fibra de la fusta serrada
$f_{c,90,g,k}$	resistència característica a compressió perpendicular a la fibra de la fusta laminada encolada
$f_{c,p,k}$	resistència característica a compressió del tauler estructural
$f_{h,d}$	resistència de càlcul a l'aplatament en acoblaments amb elements mecànics de fixació
$f_{h,1(2),d}$	resistència de càlcul a l'aplatament per a la longitud de lliurament $t_1$ ( $t_2$ ) en acoblaments amb elements mecànics de fixació
$f_{h,k}$	resistència característica a l'aplatament en acoblaments amb elements mecànics de fixació
$f_{h,1(2),k}$	resistència a l'aplatament característica per a la longitud de lliurament $t_1$ ( $t_2$ ) en acoblaments amb elements mecànics de fixació
$f_{m,d}$	resistència de càlcul a flexió de la fusta serrada
$f_{m,g,d}$	resistència de càlcul a flexió de la fusta laminada encolada
$f_{m,p,d}$	resistència de càlcul a flexió del tauler estructural
$f_{m,k}$	resistència característica a flexió de la fusta serrada
$f_{m,g,k}$	resistència característica a flexió de la fusta laminada encolada
$f_{m,p,k}$	resistència característica a flexió del tauler estructural
$f_{m,\alpha,d}$	resistència de càlcul a flexió al marge en què la fibra forma un angle $\alpha$ amb la superfície (biga de fusta laminada encolada de secció variable)
$f_{t,0,d}$	resistència de càlcul a tracció paral·lela a la fibra de la fusta serrada
$f_{t,0,g,d}$	resistència de càlcul a tracció paral·lela a la fibra de la fusta laminada encolada
$f_{t,90,d}$	resistència de càlcul a tracció perpendicular a la fibra de la fusta serrada



## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

$f_{t,90,g,d}$	resistència de càlcul a tracció perpendicular a la fibra de la fusta laminada encolada
$f_{t,p,d}$	resistència de càlcul a tracció del tauler estructural
$f_{t,0,k}$	resistència característica a tracció paral·lela a la fibra de la fusta serrada
$f_{t,0,g,k}$	resistència característica a tracció paral·lela a la fibra de la fusta laminada encolada
$f_{t,90,k}$	resistència característica a tracció perpendicular a la fibra de la fusta serrada
$f_{t,90,g,k}$	resistència característica a tracció perpendicular a la fibra de la fusta laminada encolada
$f_{t,p,k}$	resistència característica a tracció del tauler estructural
$f_{u,k}$	resistència característica a tracció de l'acer d'un element mecànic de fixació
$f_{v,d}$	resistència de càlcul a tallant de la fusta serrada
$f_{v,g,d}$	resistència de càlcul a tallant de la fusta laminada encolada
$f_{v,p,d}$	resistència de càlcul a tallant en el gruix del tauler estructural (vegeu $f_{v,r,d}$ )
$f_{v,r,d}$	resistència de càlcul a tallant en el pla (a rodolament) del tauler estructural (vegeu $f_{v,p,d}$ )
$f_{v,k}$	resistència característica a tallant de la fusta serrada
$f_{v,g,k}$	resistència característica a tallant de la fusta laminada encolada
$f_{v,p,k}$	resistència característica a tallant en el gruix del tauler estructural (vegeu $f_{v,r,k}$ )
$f_{v,r,k}$	resistència característica a tallant en el pla (a rodolament) del tauler estructural (vegeu $f_{v,p,k}$ )
$f_{v,0,d}$	(= $f_{v,p,d}$ ) resistència característica a tallant en el gruix del tauler Es denomina, també, resistència al tallant de cisallament
$f_{v,90,d}$	(= $f_{v,r,d}$ ) resistència característica a tallant en el pla del tauler Es denomina, també, resistència al tallant de rodolament
$h$	altura; cantell; gruix
$h_{ap}$	cantell al vèrtex (bigues de fusta laminada encolada amb zona de vèrtex)
$h_{f,c}$	gruix (cantell) de l'ala comprimida (bigues mixtes d'ànima o ales primes encolades)
$h_{f,t}$	gruix (cantell) de l'ala traccionada (bigues mixtes d'ànima o ales primes encolades)
$h_t$	altura total de l'edifici (deformacions horitzontals de les estructures de fusta)
$h_w$	distància entre l'ala comprimida i l'ala traccionada (bigues mixtes d'ànima o ales primes encolades)
$i$	radi de gir
$i_{y(z)}$	radi de gir respecte a l'eix y (z) (de la secció)
$k$	coeficient; factor
$k_c$	factor per vinclament (recolzaments esvelts)
$k_{c,y(z)}$	factor per vinclament respecte a l'eix y(z) (recolzaments esvelts)
$k_{c,90}$	factor per relació de dimensions (compressió perpendicular a la fibra de la fusta)
$k_{crit}$	factor per bolcada lateral
$k_{def}$	factor per deformació diferida (factor reològic)
$k_{dis}$	factor per distribució de tensions a la zona del vèrtex (bigues de fusta laminada encolada amb zona de vèrtex)
$k_h$	factor per altura (de la proveta assajada)
$k_{is}$	factor per càrrega compartida
$k_m$	factor per tipus de secció (en flexió)
$k_{mod}$	factor de modificació (per durada de la càrrega i classe de servei)
$k_{vol}$	factor per relació de volums tensionats (bigues de fusta laminada encolada amb zona de vèrtex)
$l$	longitud; distància; llum
$l_k$	longitud de vinclament
$l_{ef}$	longitud de bolcada lateral
$m$	número de trams de longitud a (elements comprimits amb restriccions laterals)
$n$	número total d'elements mecànics de fixació treballant a l'uníson (acoblements a cisallament o a l'arrencada)
$n_{ef}$	número eficaç del total dels n elements mecànics de fixació alineats amb la direcció de la càrrega (acoblements a cisallament)
$q$	càrrega lineal repartida uniformement
$r$	radi mitjà en el vèrtex (bigues de fusta laminada encolada amb sotavolta corba)
$r_{in}$	radi de la sotavolta (bigues de fusta laminada encolada amb sotavolta corba)
$s$	separació
$s_{ef}$	separació eficaç entre elements mecànics de fixació (vegeu $a_1$ i $a_2$ )
$s_{màx}$	separació màxima entre elements mecànics de fixació
$s_{mín}$	separació mínima entre elements mecànics de fixació
$t$	gruix; longitud de lliurament, en cada peça de l'acoblament, de l'element mecànic de fixació
$t$	gruix de la xapa d'acer (acoblements acer-fusta)
$t_1(t_2)$	longitud de lliurament de l'element mecànic de fixació en la peça de l'acoblament que conté $t_1(t_2)$
$u_{fin}$	fletxa final; lliscament final de l'element mecànic de fixació en l'acoblament
$u_{ins}$	fletxa instantània; lliscament instantani de l'element mecànic de fixació en l'acoblament
$u_{net}$	fletxa neta respecte a la línia recta que uneix els recolzaments

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

$u_0$  contrafletxa de fabricació (si n'hi ha)

**Majúscules gregues**

$\Delta$  increment; diferència  
 $\Delta_a$  increment o marge de seguretat per a una dada geomètrica (desviació, tolerància)  
 $\Sigma$  suma; sumatori  
 $\Sigma F$  sumatori d'accions

**Minúscules gregues**

$\alpha$  angle; relació; coeficient adimensional  
 $\alpha$  angle format per la direcció de la càrrega i la direcció de la fibra de la fusta (compressió inclinada)  
 $\alpha$  angle entre l'aresta superior i l'horitzontal (bigues de fusta laminada encolada)  
 $\alpha$  angle entre la línia d'acció de la força  $F$  i la direcció de la fibra de fusta de la peça (acoblament de força de dues peces de fusta)  
 $\beta$  angle; relació; coeficient adimensional  
 $\beta$  coeficient per condicions de restriccions en els extrems (vinclament)  
 $\beta$  coeficient adimensional ( $=f_{h,2,k}/f_{h,1,k}$  relació de resistències a l'aplatament de l'element mecànic de fixació en les longituds de lliurament  $t_2$  i  $t_1$ , respectivament)  
 $\beta_c$  factor per tipus de fusta: serrada o laminada encolada (vinclament)  
 $\beta_v$  coeficient per condicions de càrrega i restriccions en els extrems (bolcada lateral de bigues)  
 $\gamma$  coeficient parcial de seguretat  
 $\gamma_A$  coeficient parcial de seguretat per a una acció accidental  $A_K$   
 $\gamma_F$  coeficient parcial de seguretat per a una acció  $F_K$   
 $\gamma_{F,dst}$  coeficient parcial de seguretat per a una acció desestabilitzadora  $F_{dst,k}$   
 $\gamma_{F,stab}$  coeficient parcial de seguretat per a una acció estabilitzadora  $F_{stab,k}$   
 $\gamma_G$  coeficient parcial de seguretat per a una acció permanent  $G_K$   
 $\gamma_M$  coeficient parcial de seguretat per a una propietat del material  $X_K$   
 $\gamma_Q$  coeficient parcial de seguretat per a una acció variable  $Q_K$   
 $\lambda$  esveltesa mecànica ( $=l_k/i$  en vinclament de recolzaments)  
 $\lambda_{rel,m}$  esveltesa relativa a flexió (bolcada lateral de bigues)  
 $\lambda_{rel,y(z)}$  esveltesa relativa en vinclament de recolzaments (flectant al voltant de l'eix  $y$  i  $z$ ).  
 $\lambda_{y,(z)}$  esveltesa mecànica en el pla  $y$  i  $z$ )  
 $\phi$  gir; gir inicial en nusos de pòrtics plans  
 $\rho$  densitat  
 $\rho_k$  densitat característica de la fusta serrada  
 $\rho_{g,k}$  densitat característica de la fusta laminada encolada  
 $\rho_{mitjà}$  densitat mitjana de la fusta serrada  
 $\rho_{g,mitjà}$  densitat mitjana de la fusta laminada encolada  
 $\rho_{p,k}$  densitat característica del tauler estructural  
 $\sigma$  tensió  
 $\sigma_{c,0,d}$  tensió de càlcul a compressió paral·lela a la fibra de la fusta  
 $\sigma_{c,90,d}$  tensió de càlcul a compressió perpendicular a la fibra de la fusta  
 $\sigma_{c,\alpha,d}$  tensió de càlcul a compressió inclinada (angle  $\alpha$ ) respecte a la fibra de la fusta  
 $\sigma_{c,crit,y(z)}$  tensió de compressió crítica respecte a l'eix  $y$  i  $z$ ) (vinclament)  
 $\sigma_{f,c,d}$  valor mitjà de la tensió de càlcul a compressió en l'ala comprimida (bigues mixtes d'ànima o ales primes encolades)  
 $\sigma_{f,t,d}$  valor mitjà de la tensió de càlcul a tracció en l'ala traccionada (bigues mixtes d'ànima o ales primes encolades)  
 $\sigma_m$  tensió de flexió  
 $\sigma_{m,0,d}$  tensió de càlcul a flexió en la fibra extrema del marge en què la fibra és paral·lela respecte a la superfície de la biga, normalment la seva cara inferior (bigues de fusta laminada encolada)  
 $\sigma_{m,\alpha,d}$  tensió de càlcul a flexió en la fibra extrema del marge en què la fibra està inclinada respecte a la superfície de la biga, normalment la seva cara superior (bigues de fusta laminada encolada)  
 $\sigma_{m,crit}$  tensió crítica de flexió  
 $\sigma_{m,d}$  tensió de càlcul a flexió  
 $\sigma_{m,y(z),d}$  tensió de càlcul a flexió respecte a l'eix  $y$  i  $z$ )  
 $\sigma_{t,0,d}$  tensió de càlcul a tracció paral·lela a la fibra de la fusta  
 $\sigma_{t,90,d}$  tensió de càlcul a tracció perpendicular a la fibra de la fusta  
 $\sigma_{w,c,d}$  tensió de càlcul a compressió en l'ànima (bigues mixtes d'ànima prima)  
 $\sigma_{w,t,d}$  tensió de càlcul a tracció en l'ànima (bigues mixtes d'ànima prima)

$\tau$	tensió tangent; tensió tallant
$\tau_{mitjà,d}$	tensió tangent de càlcul en la superfície de contacte fusta-tauler (bigues mixtes d'ànima o ales primes encolades)
$\tau_{tor,d}$	tensió de càlcul a torsió

## B.2 Unitats

- 1 S'utilitza el sistema internacional d'unitats de mesura, SI.
- 2 Per als càlculs es recomana l'ús de les unitats següents:
  - forces i càrregues: kN, kN/m, kN/m<sup>2</sup>
  - massa: kg
  - longitud: m, mm
  - tensions: N/mm<sup>2</sup>
  - moments: kN · m
- 3 A efectes pràctics es pot considerar la correspondència següent entre les unitats de força dels sistemes MKS i SI: 1 kilopond [1 kp] = 10 newton [10 N].

## Annex C. Assignació de classe resistent. Fusta serrada.

### C.1 Generalitats

- 1 Per causa de la gran varietat d'espècies de fusta, les diverses procedències i les diferents normes de classificació es recorre al sistema de classes resistents per evitar una complexitat excessiva en la combinació d'espècies i qualitats, i s'apleguen en un nombre limitat de grups de forma conjunta espècies-qualitats amb propietats similars.
- 1 El sistema està basat en el procediment d'assignar classe resistent, mitjançant una norma de classificació per qualitats, a una espècie arbòria de procedència coneguda i de la qual s'han determinat prèviament les seves propietats mecàniques d'acord amb assajos normalitzats.
- 2 La norma de classificació per qualitats, d'espècies i procedències que assigna classe resistent és competència, normalment, de l'organisme de normalització del país que publica la norma, i aquesta garanteix que els valors de les propietats de la fusta serrada així classificada són superiors o iguals als que corresponen per a la classe resistent assignada.
- 3 Aquest sistema permet al projectista, especificada una classe resistent, poder utilitzar, en el càlcul, els valors de les propietats de resistència, rigidesa i densitat associats a la classe resistent esmentada (vegeu les taules E.1 i E.2).
- 4 A l'apartat C.2 s'inclou, amb caràcter informatiu i operatiu, una selecció del contingut de les normes UNE EN 1912 i UNE 56.544 relatives a l'assignació de classe resistent a la fusta serrada.

### C.2 Assignació de classe resistent a partir de la qualitat de l'espècie arbòria

- 1 A la taula C.1 s'estableix per a la fusta serrada, amb caràcter informatiu i no exhaustiu, l'assignació de classe resistent, en funció de la qualitat segons la norma de classificació, l'espècie arbòria i la procedència considerades (vegeu l'apartat C.3).

**Taula C.1. Assignació de classe resistent per a diferents espècies arbòries i procedències segons normes de classificació**

Norma	Espècie (procedència)	Classe resistent									
		C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	D35	D40
UNE 56.544	Pi silvestre (Espanya)	-	-	ME-2	-	-	ME-1	-	-	-	-
	Pinastre (Espanya)	-	-	ME-2	-	ME-1	-	-	-	-	
	Pi insigne (Espanya)	-	-	ME-2	-	ME-1	-	-	-	-	
	Pi bord (Espanya)	-	-	ME-2	-	-	-	ME-1	-	-	
NF B 52.001-4	Avet (França)	-	-	-	ST-III	ST-II	-	ST-I	-	-	
	Fals avet (França)	-	-	-	ST-III	ST-II	-	ST-I	-	-	
	Pi oregon (França)	-	-	-	ST-III	ST-II	-	-	-	-	
	Pinastre (França)	-	-	ST-III	-	ST-II	-	-	-	-	
DIN 4074	Avet (Europa: Central, N i E)	-	S7	-	-	S10	-	S13	-	-	
	Fals avet (Europa: Central, N i E)	-	S7	-	-	S10	-	S13	-	-	
	Pi silvestre (Europa: Central, N i E)	-	S7	-	-	S10	-	S13	-	-	
INSTA 142	Avet (Europa: N i NE)	T0	-	T1	-	T2	-	T3	-	-	
	Fals avet (Europa: N i NE)	T0	-	T1	-	T2	-	T3	-	-	
	Pi silvestre (Europa: N i NE)	T0	-	T1	-	T2	-	T3	-	-	
BS 4978	Avet (Regne Unit)	-	GS	-	-	SS	-	-	-	-	
	Pi silvestre (Regne Unit)	-	GS	-	-	SS	-	-	-	-	
BS 5756	Iroc (Àfrica)	-	-	-	-	-	-	-	-	HS	
	Jarrah (Austràlia)	-	-	-	-	-	-	-	-	HS	
	Teca (Àfrica i Àsia SE)	-	-	-	-	-	-	-	-	HS	

Nota: la norma UNE EN 14081-4 estableix per a les diferents espècies fusteres europees, les quals són les assignacions de classes resistents aplicables a les fustes classificades mecànicament mitjançant l'ús de màquines tipus Cook-Bolinder i Computermatic.

### C.3 Relació de normes de classificació

- 1 A la taula C.2 s'inclou la relació de les normes de classificació per qualitats, esmentades a la taula C.1, de la fusta serrada estructural.

Taula C.2. Normes de classificació, esmentades a la taula C.1

Norma de classificació	País	Qualitats
UNE 56.544 Classificació visual de la fusta serrada per a ús estructural	Espanya	ME-1 ME-2
NF B 52.001-4 Règles d'utilisation du bois dans les constructions. Partie-4. Classement visuel pour l'emploi en structures pour les principales essences résineuses et feuillues	França	ST-I ST-II ST-III
DIN 4074 Teil 1. Sortierung von Nadelholz nach er Tragfähigkeit, Nadelschnittholz	Alemanya	S13 S10 S7
INSTA 142. Nordic visual stress grading rules for timber	Països Nòrdics	T3 T2 T1 T0
BS 4978. Sections 1 and 2. Softwood grades for structural use	Regne Unit	SS GS
BS 5756. Tropical hardwood grades for structural use.	Regne Unit	HS

### C.4 Relació d'espècies arbòries

- 1 A la taula C.3 s'inclou la relació de les espècies arbòries, esmentades a la taula C.1, i se n'indiquen el nom botànic i la procedència.
- 2 Altres denominacions possibles de l'espècie arbòria, locals o comercials, s'han d'identificar pel seu nom botànic.

Taula C.3. Espècies arbòries, esmentades a la taula C.1

Espècie arbòria	Nom botànic	Procedència
Avet	<i>Abies alba</i> Mill.	Àustria Europa: C, N, E i NE França Holanda Regne Unit
Pollancre	<i>Populus</i> sp.	Espanya
Fals avet	<i>Picea abies</i> Karst.	França Europa: C, N, E i NE
Iroc	<i>Milicia excelsa i regia</i>	Àfrica
Jarrah	<i>Eucalyptus marginata</i> sm.	Austràlia
Pi insigne	<i>Pinus radiata</i> D. Don.	Espanya
Pi bord	<i>Pinus nigra</i> Arnold.	Espanya
Pi oregon	<i>Pseudotsuga menziessii</i> Fr.	Canadà EUA França
Pinastre	<i>Pinus pinaster</i> Ait.	Espanya França
Pi silvestre	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Àustria Espanya Europa: C, N, E i NE Holanda Regne Unit
Teca	<i>Tectona grandis</i> L.	Àfrica Àsia SE

## **Annex D: Assignació de classe resistent. Fusta laminada encolada**

### **D.1 Generalitats**

- 1 Per causa de la gran varietat de possibilitats de formar la fusta laminada encolada en un element estructural i les diferents normes de classificació s'estableixen prèviament, mitjançant normes, uns requisits mínims de fabricació i es recorre al sistema de classes resistents per evitar una complexitat excessiva, i s'apleguen en un nombre limitat els grups amb propietats similars.
- 2 El sistema està basat en el procediment d'assignar una classe resistent a la fusta laminada encolada, d'un element estructural, mitjançant una de les dues opcions següents:
  - a) experimentalment, amb assajos normalitzats, segons l'apartat D.2;
  - b) deduïda teòricament a partir de les propietats de les làmines de fusta que formen l'element estructural, segons l'apartat D.3.
- 3 L'opció elegida, de les dues anteriors, que assigna classe resistent és competència, normalment, del fabricant de l'element estructural, que ha de garantir que els valors de les propietats de la fusta laminada encolada així classificada són superiors o iguals als que corresponen a la classe resistent assignada.
- 4 Aquest sistema permet al projectista, especificada una classe resistent, utilitzar, en el càlcul, els valors de les propietats de resistència, rigidesa i densitat associats a la classe resistent esmentada (vegeu la taula E.3 i E.4).
- 5 Vegeu els valors associats a l'annex E: taula E.3 per a fusta laminada encolada homogènia i taula E.4 per a fusta laminada encolada combinada.
- 6 En l'apartat D.4 s'inclou, amb caràcter informatiu i operatiu, una selecció de correspondències entre classes resistents de fusta laminada encolada i de fusta serrada emprada a les làmines.

### **D.2 Assignació de classe resistent mitjançant assajos**

- 1 L'assignació de classe resistent a la fusta laminada encolada s'obté, en aquest cas, mitjançant assajos d'acord amb les normes següents: UNE EN 408 i UNE EN 1194.

Els valors obtinguts de les propietats, mitjançant assajos, han de ser superiors, o iguals, als corresponents a la classe resistent a assignar.

### **D.3 Assignació de classe resistent mitjançant fórmules**

- 1 L'assignació de classe resistent a la fusta laminada encolada s'obté, en aquest cas, mitjançant càlcul aplicant les expressions matemàtiques que consten a la norma UNE EN 1194; per a la qual cosa és precís conèixer, prèviament, els valors característics de les propietats de la fusta serrada a utilitzar a les làmines, d'acord amb el que estableix l'annex E.
- 2 En fusta laminada combinada les expressions s'apliquen a les propietats de les parts individuals de la secció transversal. L'anàlisi de les tensions es pot realitzar basant-se en la hipòtesi de la deformació plana de la secció. La comprovació de la resistència s'ha de realitzar en tots els punts rellevants de la secció transversal.
- 3 Els valors de les propietats obtinguts mitjançant les expressions que consten a la norma UNE EN 1194 han de ser superiors o iguals als corresponents a la classe resistent a assignar.

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

Taula D.1. Propietats de la fusta laminada encolada calculades a partir de les propietats de les làmines fabricades amb fusta de coníferes de classe resistent C24

Propietats		Expressió i valor obtingut
<b>Resistència, en N/mm<sup>2</sup></b>		
- Flexió	$f_{m,g,k}$	$f_{m,g,k} = 7 + 1,15 f_{t,0,k} = 23,1$
- Tracció paral·lela	$f_{t,0,g,k}$	$f_{t,0,g,k} = 5 + 0,8 f_{t,0,k} = 16,2$
- Tracció perpendicular	$f_{t,90,g,k}$	$f_{t,90,g,k} = 0,2 + 0,015 f_{t,0,k} = 0,4$
- Compressió paral·lela	$f_{c,0,g,k}$	$f_{c,0,g,k} = 7,2 (f_{t,0,k})^{0,45} = 23,6$
- Compressió perpendicular	$f_{c,90,g,k}$	$f_{c,90,g,k} = 0,7 (f_{t,0,k})^{0,5} = 2,6$
- Tallant	$f_{v,g,k}$	$f_{v,g,k} = 0,32 (f_{t,0,k})^{0,8} = 2,6$
<b>Rigidesa, en kN/mm<sup>2</sup></b>		
- Mòdul d'elasticitat paral·lel mitjà	$E_{0,g,mitjà}$	$E_{0,g,mitjà} = 1,05 E_{0,mitjà} = 11,55$
- Mòdul d'elasticitat paral·lel 5º percentil	$E_{0,g,k}$	$E_{0,g,k} = 0,85 E_{0,mitjà} = 9,35$
- Mòdul d'elasticitat perpendicular mitjà	$E_{90,g,mitjà}$	$E_{90,g,mitjà} = 0,035 E_{0,mitjà} = 0,385$
- Mòdul d'elasticitat transversal mitjà	$G_{g,mitjà}$	$G_{g,mitjà} = 0,065 E_{0,mitjà} = 0,715$
<b>Densitat, en kg/m<sup>3</sup></b>		
- Densitat característica	$\rho_{g,k}$	$\rho_{g,k} = 1,10 \rho_k = 385$

## D.4 Correspondència entre classes resistents de fusta laminada encolada i fusta serrada

- 1 A la taula D.2 s'indiquen algunes correspondències conegudes entre les classes resistents de la fusta laminada encolada i les classes resistents de la fusta serrada amb què es fabriquen les làmines.

Taula D.2 Correspondències conegudes entre classes resistents de fusta laminada encolada i de fusta serrada

Fusta laminada encolada homogènia	Classes resistents		
	GL24h	GL28h	GL32h
- Totes les làmines	C24	C30	C40
Fusta laminada encolada combinada	GL24c	GL28c	GL32c
- Làmines externes <sup>(1)</sup>	C24	C30	C40
- Làmines internes	C18	C24	C30

<sup>(1)</sup> Els requisits s'apliquen al sisè del cantell extrem de cada costat amb un mínim de 2 làmines.

## Annex E. Valors de les propietats de resistència, rigidesa i densitat. Fusta serrada, fusta laminada encolada i taulers

### E.1 Fusta serrada

#### E.1.1 Valors de les propietats associades a cada classe resistent de la fusta serrada

- 1 A la taula E.1 s'indiquen els valors de les propietats de resistència, rigidesa i densitat associades a cada classe resistent per a les espècies de coníferes i pollancre, i a la taula E.2, per a les espècies frondoses.

Taula E.1 Fusta serrada. Espècies de coníferes i pollancre. Valors de les propietats associades a cada classe resistent

Propietats		Classe resistent											
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
<b>Resistència (característica) en N/mm<sup>2</sup></b>													
- Flexió	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
- Tracció paral·lela	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
- Tracció perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
- Compressió paral·lela	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29
- Compressió perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
- Tallant	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8
<b>Rigidesa, en kN/mm<sup>2</sup></b>													
- Mòdul d'elasticitat paral·lel mitjà	$E_{0,mitjà}$	7	8	9	9,5	10	11	12	12	13	14	15	16
- Mòdul d'elasticitat paral·lel 5º percentil	$E_{0,k}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7
- Mòdul d'elasticitat perpendicular mitjà	$E_{90,mitjà}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,40	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
- Mòdul transversal mitjà	$G_{mitjà}$	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
<b>Densitat, en kg/m<sup>3</sup></b>													
- Densitat característica	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
- Densitat mitjana	$\rho_{mitjà}$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550



## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

**Taula E.2 Fusta serrada. Espècies frondoses**  
**Valors de les propietats associades a cada classe resistent**

Propietats		Classe resistent					
		D30	D35	D40	D50	D60	D70
<b>Resistència (característica), en N/mm<sup>2</sup></b>							
- Flexió	$f_{m,k}$	30	35	40	50	60	70
- Tracció paral·lela	$f_{t,0,k}$	18	21	24	30	36	42
- Tracció perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
- Compressió paral·lela	$f_{c,0,k}$	23	25	26	29	32	34
- Compressió perpendicular	$f_{c,90,k}$	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
- Tallant	$f_{v,k}$	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
<b>Rigidesa, kN/mm<sup>2</sup></b>							
- Mòdul d'elasticitat paral·lel mitjà	$E_{0,mitjà}$	10	10	11	14	17	20
- Mòdul d'elasticitat paral·lel 5º percentil	$E_{0,k}$	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
- Mòdul d'elasticitat perpendicular mitjà	$E_{90,mitjà}$	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
- Mòdul transversal mitjà	$G_{mitjà}$	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
<b>Densitat, kg/m<sup>3</sup></b>							
- Densitat característica	$\rho_k$	530	560	590	650	700	900
- Densitat mitjana	$\rho_{mitjà}$	640	670	700	780	840	1080

## E.2 Fusta laminada encolada

### E.2.1 Valors de les propietats associades a cada classe resistent de la fusta laminada encolada

- 1 A la taula E.3 s'indiquen els valors de les propietats de resistència, rigidesa i densitat associades a cada classe resistent de fusta laminada encolada homogènia, i a la taula E.4, per a la fusta laminada encolada combinada.

Taula E.3 Fusta laminada encolada homogènia. Valors de les propietats associades a cada classe resistent

Propietats		Classe resistent			
		GL24h	GL28h	GL32h	GL36h
<b>Resistència (característica), en N/mm<sup>2</sup></b>					
- Flexió	$f_{m,g,k}$	24	28	32	36
- Tracció paral·lela	$f_{t,0,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26
- Tracció perpendicular	$f_{t,90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6
- Compressió paral·lela	$f_{c,0,g,k}$	24	26,5	29	31
- Compressió perpendicular	$f_{c,90,g,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
- Tallant	$f_{v,g,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3
<b>Rigidesa, en kN/mm<sup>2</sup></b>					
- Mòdul d'elasticitat paral·lel mitjà	$E_{0,g,mitjà}$	11,6	12,6	13,7	14,7
- Mòdul d'elasticitat paral·lel 5 <sup>o</sup> percentil	$E_{0,g,k}$	9,4	10,2	11,1	11,9
- Mòdul d'elasticitat perpendicular mitjà	$E_{90,g,mitjà}$	0,39	0,42	0,46	0,49
- Mòdul transversal mitjà	$G_{g,mitjà}$	0,72	0,78	0,85	0,91
<b>Densitat, en kg/m<sup>3</sup></b>					
Densitat característica	$P_{g,k}$	380	410	430	450

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

**Taula E.4 Fusta laminada encolada combinada.**  
**Valors de les propietats associades a cada classe resistent**

Propietats		Classe resistent			
		GL24c	GL28c	GL32c	GL36c
<b>Resistència (característica), en N/mm<sup>2</sup></b>					
- Flexió	$f_{m,g,k}$	24	28	32	36
- Tracció paral·lela	$f_{t,0,g,k}$	14	16,5	19,5	22,5
- Tracció perpendicular	$f_{t,90,g,k}$	0,35	0,4	0,45	0,5
- Compressió paral·lela	$f_{c,0,g,k}$	21	24	26,5	29
- Compressió perpendicular	$f_{c,90,g,k}$	2,4	2,7	3,0	3,3
- Tallant	$f_{v,g,k}$	2,2	2,7	3,2	3,8
<b>Rigidesa, en kN/mm<sup>2</sup></b>					
- Mòdul d'elasticitat paral·lel mitjà	$E_{0,g,mitjà}$	11,6	12,6	13,7	14,7
- Mòdul d'elasticitat paral·lel 5º percentil	$E_{0,g,k}$	9,4	10,2	11,1	11,9
- Mòdul d'elasticitat perpendicular mitjà	$E_{90,g,mitjà}$	0,32	0,39	0,42	0,46
- Mòdul transversal mitjà	$G_{g,mitjà}$	0,59	0,72	0,78	0,85
<b>Densitat, en kg/m<sup>3</sup></b>					
- Densitat característica	$\rho_k$	350	380	410	430

### E.3 Taulers

- 1 En els apartats E.3.1 a E.3.3 s'estableixen els valors de les propietats de resistència, rigidesa i densitat associats als tipus de taulers i a l'ambient en què s'utilitzen. Els ambients es corresponen amb:
  - a) ambient sec: Classe de servei 1, de capítol 3 i Classe de risc 1, de capítol 3.
  - b) ambient humit: Classe de servei 2, de capítol 3 i Classes de risc 1, de capítol 3.
  - c) ambient exterior: Exposició a la intempèrie. Classes de risc 1, 2 i 3 de capítol 3.
- 2 En les taules següents (vegeu UNE EN 789):
  - a) el tallant en el gruix és equivalent a tallant de cisallament;
  - b) el tallant en el pla és equivalent a tallant de rodolament.
- 3 Quan no es prestin a confusió, els taulers de partícules següents es denominen:
  - a) UNE EN 312-4 o P4;
  - b) UNE EN 312-5 o P5;
  - c) UNE EN 312-6 o P6;
  - d) UNE EN 312-7 o P7.

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

## E.3.1 Tauler de partícules

## E.3.1.1 Valors de les propietats de resistència, rigidesa i densitat dels taulers de partícules

- 1 A les taules E.5 a E.8 s'indiquen els valors de les propietats de resistència, rigidesa i densitat associades a cada tipus de tauler de partícules i ambient en què s'utilitzen.

Taula E.5 Taulers de partícules estructurals per a ús en ambient sec (UNE EN 312-4)  
Valors de les propietats

Propietats	Gruix nominal, $t_{nom}$ , en mm					
	> 6 a 13	> 13 a 20	> 20 a 25	> 25 a 32	> 32 a 40	> 40
<b>Resistència (característica), en <math>N/mm^2</math></b>						
- Flexió $f_{m,p,k}$	14,2	12,5	10,8	9,2	7,5	5,8
- Tracció $f_{t,p,k}$	8,9	7,9	6,9	6,1	5,0	4,4
- Compressió $f_{c,p,k}$	12,0	11,1	9,6	9,0	7,6	6,1
- Tallant, en el gruix $f_{v,p,k}$	6,6	6,1	5,5	4,8	4,4	4,2
- Tallant, en el pla $f_{r,p,k}$	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
<b>Rigidesa (mitjana), en <math>N/mm^2</math></b>						
- A flexió $E_{m,p}$	3200	2900	2700	2400	2100	1800
- A tracció $E_{t,p}$	1800	1700	1600	1400	1200	1100
- A compressió $E_{c,p}$	1800	1700	1600	1400	1200	1100
- A tallant, en el gruix $G_{v,p}$	860	830	770	680	600	550
<b>Densitat, en <math>kg/m^3</math></b>						
- Característica $\rho_{p,k}$	650	600	550	550	500	500

Taula E.6 Taulers de partícules estructurals per a ús en ambient humit (UNE EN 312-5). Valors de les propietats

Propietats	Gruix nominal, $t_{nom}$ , en mm					
	> 6 a 13	> 13 a 20	> 20 a 25	> 25 a 32	> 32 a 40	> 40
<b>Resistència (característica), en <math>N/mm^2</math></b>						
- Flexió $f_{m,p,k}$	15,0	13,3	11,7	10,0	8,3	7,5
- Tracció $f_{t,p,k}$	9,4	8,5	7,4	6,6	5,6	5,6
- Compressió $f_{c,p,k}$	12,7	11,8	10,3	9,8	8,5	7,8
- Tallant, en el gruix $f_{v,p,k}$	7,0	6,5	5,9	5,2	4,8	4,4
- Tallant, en el pla $f_{r,p,k}$	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,0
<b>Rigidesa (mitjana), en <math>N/mm^2</math></b>						
- A flexió $E_{m,p}$	3500	3300	3000	2600	2400	2100
- A tracció $E_{t,p}$	2000	1900	1800	1500	1400	1300
- A compressió $E_{c,p}$	2000	1900	1800	1500	1400	1300
- A tallant, en el gruix $G_{v,p}$	960	930	860	750	690	660
<b>Densitat, en <math>kg/m^3</math></b>						
- Característica $\rho_{p,k}$	650	600	550	550	500	500

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

Taula E.7 Taulers de partícules d'alta prestació estructural per a ús en ambient sec (UNE EN 312-6). Valors de les propietats

Propietats		Gruix nominal, $t_{nom}$ , en mm					
		>6 a 13	> 13 a 20	> 20 a 25	> 25 a 32	> 32 a 40	> 40
<b>Resistència (característica), en <math>N/mm^2</math></b>							
- Flexió	$f_{m,p,k}$	16,5	15,0	13,3	12,5	11,7	10,0
- Tracció	$f_{t,p,k}$	10,5	9,5	8,5	8,3	7,8	7,5
- Compressió	$f_{c,p,k}$	14,1	13,3	12,8	12,2	11,9	10,4
- Tallant, en el gruix	$f_{v,p,k}$	7,8	7,3	6,8	6,5	6,0	5,5
- Tallant, en el pla	$f_{r,p,k}$	1,9	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
<b>Rigidesa (mitjana), en <math>N/mm^2</math></b>							
- A flexió	$E_{m,p}$	4400	4100	3500	3300	3100	2800
- A tracció	$E_{t,p}$	2500	2400	2100	1900	1800	1700
- A compressió	$E_{c,p}$	2500	2400	2100	1900	1800	1700
- A tallant, en el gruix	$G_{v,p}$	1200	1150	1050	950	900	880
<b>Densitat, en <math>kg/m^3</math></b>							
- Característica	$\rho_{p,k}$	650	600	550	550	500	500

Taula E.8 Taulers de partícules d'alta prestació estructural per a ús en ambient humit (UNE EN 312-7). Valors de les propietats

Propietats		Gruix nominal, $t_{nom}$ , en mm					
		> 6 a 13	> 13 a 20	> 20 a 25	> 25 a 32	> 32 a 40	> 40
<b>Resistència (característica), en <math>N/mm^2</math></b>							
- Flexió	$f_{m,p,k}$	18,3	16,7	15,4	14,2	13,3	12,5
- Tracció	$f_{t,p,k}$	11,5	10,6	9,8	9,4	9,0	8,0
- Compressió	$f_{c,p,k}$	15,5	14,7	13,7	13,5	13,2	13,0
- Tallant, en el gruix	$f_{v,p,k}$	8,6	8,1	7,9	7,4	7,2	7,0
- Tallant, en el pla	$f_{r,p,k}$	2,4	2,2	2,0	1,9	1,9	1,8
<b>Rigidesa (mitjana), en <math>N/mm^2</math></b>							
- A flexió	$E_{m,p}$	4600	4200	4000	3900	3500	3200
- A tracció	$E_{t,p}$	2600	2500	2400	2300	2100	2000
- A compressió	$E_{c,p}$	2600	2500	2400	2300	2100	2000
- A tallant, en el gruix	$G_{v,p}$	1250	1200	1150	1100	1050	1000
<b>Densitat, en <math>kg/m^3</math></b>							
- Característica	$\rho_k$	650	600	550	550	500	500

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

## E.3.2 Tauler de fibres

## E.3.2.1 Valors de les propietats de resistència, rigidesa i densitat dels taulers de fibres

- 1 A les taules E.9 i E.10 s'indiquen els valors de les propietats de resistència, rigidesa i densitat associades a cada tipus de tauler de fibres i ambient en què s'utilitzen.

Taula E.9 Taulers de fibres durs i semidurs estructurals. Valors de les propietats

Propietats	Durs (UNE EN 622-2) Per a ús en ambient humit			Semidurs (UNE EN 622-3) Per a ús en ambient sec		
	Gruix nominal, $t_{nom}$ , en mm			Gruix nominal, $t_{nom}$ , en mm		
	$\leq 3,5$	$> 3,5$ a 5,5	$> 5,5$	$\leq 10$	$> 10$	
<b>Resistència (característica), en N/mm<sup>2</sup></b>						
- Flexió	$f_{m,p,k}$	37,0	35,0	32,0	17,0	15,0
- Tracció	$f_{t,p,k}$	27,0	26,0	23,0	9,0	8,0
- Compressió	$f_{c,p,k}$	28,0	27,0	24,0	9,0	8,0
- Tallant, en el gruix	$f_{v,p,k}$	19,0	18,0	16,0	5,5	4,5
- Tallant, en el pla	$f_{r,p,k}$	3,0	3,0	2,5	0,3	0,25
<b>Rigidesa (mitjana), en N/mm<sup>2</sup></b>						
- A flexió	$E_{m,p}$	5000	4800	4600	3100	2900
- A tracció	$E_{t,p}$	5000	4800	4600	3100	2900
- A compressió	$E_{c,p}$	5000	4800	4600	3100	2900
- A tallant, en el gruix	$G_{v,p}$	2100	2000	1900	1300	1200
<b>Densitat, en kg/m<sup>3</sup></b>						
- Característica	$\rho_{p,k}$	900	850	800	650	600

Taula E.10 Taulers de fibres estructurals fabricats per procés sec (MDF). Valors de les propietats

Propietats	MDF-LA (UNE EN 622-5) Per a ús en ambient sec				MDF-HLS (UNE EN 622-5) Per a ús en ambient humit <sup>(1)</sup>				
	Gruix nominal, $t_{nom}$ , en mm				Gruix nominal, $t_{nom}$ , en mm				
	$>1,8$ a 12	$>12$ a 19	$>19$ a 30	$>30$	$>1,8$ a 12	$>12$ a 19	$>19$ a 30	$>30$	
<b>Resistència (característica), en N/mm<sup>2</sup></b>									
- Flexió	$f_{m,p,k}$	21,0	21,0	21,0	19,0	22,0	22,0	21,0	18,0
- Tracció	$f_{t,p,k}$	13,0	12,5	12,0	10,0	18,0	16,5	16,0	13,0
- Compressió	$f_{c,p,k}$	13,0	12,5	12,0	10,0	18,0	16,5	16,0	13,0
- Tallant, en el gruix	$f_{v,p,k}^{(2)}$	6,5	6,5	6,5	5,0	8,5	8,5	8,5	7,0
- Tallant, en el pla	$f_{r,p,k}$	-	-	-	-	- <sup>(2)</sup>	-	-	-
<b>Rigidesa (mitjana), en N/mm<sup>2</sup></b>									
- A flexió	$E_{m,p}$	3700	3000	2900	2700	3700	3200	3100	2800
- A tracció	$E_{t,p}$	2900	2700	2000	1600	3100	2800	2700	2400
- A compressió	$E_{c,p}$	2900	2700	2000	1600	3100	2800	2700	2400
- A tallant, en el gruix	$(G)_{v,p}$	800	800	800	600	1000	1000	1000	800
<b>Densitat, en kg/m<sup>3</sup></b>									
- Característica	$\rho_{p,k}$	650	600	550	500	650	600	550	500

<sup>(1)</sup> En ambient humit només es pot usar per a càrregues instantànies o de curta durada.

<sup>(2)</sup> El valor de  $f_{r,p,k}$  l'ha de declarar el fabricant del tauler MDF-LA o del tauler MDF-HLS.

### **E.3.3 Tauler contraxapat**

#### **E.3.3.1 Valors de les propietats de resistència, rigidesa i densitat dels taulers contraxapats**

- 1 Els valors característics de les propietats mecàniques dels taulers contraxapats han de ser aportats pel fabricant d'acord amb la normativa d'assaig UNE EN 789 i UNE EN 1058.

## Annex F. Valors orientatius d'humitat d'equilibri de la fusta, amb ús a exterior protegit de la pluja

1 A la taula F.1, per a la fusta amb ús a llocs oberts però protegits de la pluja, s'estableixen els valors de la humitat d'equilibri higroscòpic (màximes i mínimes anuals), per a les diferents capitals de província, associats a les parelles de valors higrotèrmics següents, temperatura (T) i humitat relativa mitjana (HR) de l'aire, del mes més humit i del mes més sec.

**Taula F.1 Valors orientatius de la humitat d'equilibri higroscòpic (màximes i mínimes anuals), de la fusta amb ús a llocs oberts però protegits de la pluja. Capitals de província**

Capital	Mes més humit		Humitat d'equilibri (%) Màxima anual	Mes més sec		Humitat d'equilibri (%) Mínima anual
	T (°C)	HR (%)		T (°C)	HR (%)	
Albacete	4	82	17,2	24	47	8,5
Alacant	19	69	12,7	26	61	10,8
Almeria	16	76	15,0	25	72	13,4
Àvila	2	82	17,2	20	42	8,0
Badajoz	9	80	16,2	26	40	7,5
Barcelona	22	74	14,1	24	67	12,1
Bilbao	10	83	17,7	12	70	13,3
Burgos	3	89	20,7	19	59	10,6
Càceres	8	77	15,3	26	33	6,5
Cadix	13	82	17,2	25	66	11,9
Castelló	25	65	11,6	11	59	10,9
Ciudad Real	5	73	14,1	26	56	9,9
Còrdova	10	78	15,6	28	41	7,7
Conca	3	80	16,2	22	48	8,9
Girona	8	75	14,7	24	62	11,0
Granada	7	76	15,0	25	39	7,4
Guadalajara	6	83	17,7	24	44	8,1
Huelva	12	76	15,0	25	53	9,5
Osca	5	82	17,2	23	51	9,4
Jaén	9	81	16,7	28	49	8,9
A Coruña	15	81	16,7	12	76	15,0
Las Palmas	23	80	16,0	19	74	14,2
Lleó	3	85	18,7	20	52	9,5
Lleida	6	85	18,7	25	49	8,8
Logronyo	6	80	16,2	22	60	10,8
Lugo	6	87	19,7	18	72	13,6
Madrid	6	79	15,9	24	42	7,8
Màlaga	16	72	13,8	26	63	11,2
Múrcia	12	68	12,8	26	52	9,3
Ourense	7	84	18,2	22	64	11,5
Oviedo	7	78	15,6	9	75	14,1
Palència	4	82	17,2	21	52	9,5
Palma de Mallorca	10	83	17,7	21	69	12,8
Pamplona	5	79	15,9	20	59	10,6
Pontevedra	10	83	17,7	20	69	12,8
Salamanca	4	83	17,7	22	48	8,9
Sant Sebastià	19	82	16,9	11	70	13,3
Santander	17	81	16,7	12	74	14,4
Segòvia	2	81	16,7	22	45	8,4
Sevilla	11	80	16,2	28	49	8,9
Sòria	3	84	18,2	20	53	9,7
Tarragona	17	72	13,8	10	66	12,4
S. C. Tenerife	19	65	11,9	24	55	9,8
Terol	4	80	16,2	22	69	12,8
Toledo	6	78	15,6	26	37	7,1
València	18	74	14,2	18	67	12,3
Valladolid	4	84	18,2	20	40	7,7
Vitòria	5	87	19,7	19	71	13,3
Zamora	4	87	19,7	21	59	10,6
Saragossa	7	75	14,1	24	50	9,0



## Annex G. Longituds de vinclament

### G.1 Introducció

- 1 Aquest annex permet la determinació de la longitud de vinclament de barres d'alguns tipus estructurals per analitzar la inestabilitat de vinclament per flexió, mitjançant la consideració de barres equivalents.

### G.2 Longitud de vinclament

- 1 La longitud de barra equivalent (longitud de vinclament)  $l_k$  es calcula mitjançant l'expressió següent:

$$L_k = \beta \cdot s \text{ o } l_k = \beta \cdot h \quad (\text{G.1})$$

on:

$\beta$  coeficient definit segons la taula G.1;

s o h longituds definides a la taula G.1.

Si es té en compte la influència en la deformació del tallant, la longitud de barra equivalent per a seccions rectangulars es pot obtenir de l'expressió següent:

$$l_k = \beta \cdot s \cdot \sqrt{1 + \frac{E \cdot I \cdot \pi^2}{(\beta \cdot s)^2 \cdot S}} \text{ o } l_k = \beta \cdot h \cdot \sqrt{1 + \frac{E \cdot I \cdot \pi^2}{(\beta \cdot h)^2 \cdot S}} \quad (\text{G.2})$$

on:

$$S = G \cdot A / 1,2 \quad (\text{G.3})$$

on:

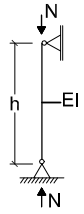
G mòdul d'elasticitat transversal característic;

A superfície de la secció;

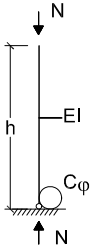
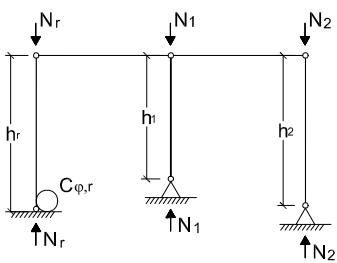
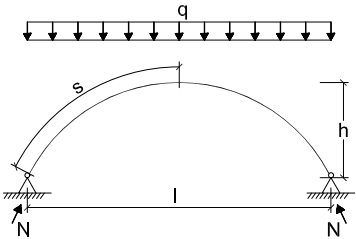
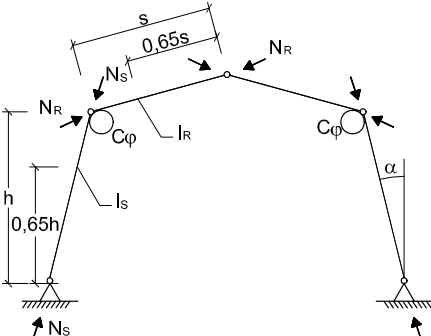
E mòdul d'elasticitat longitudinal característic;

I moment d'inèrcia de la secció.

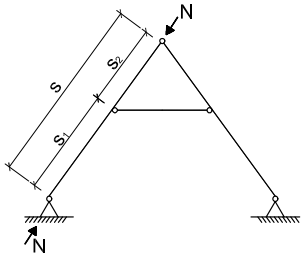
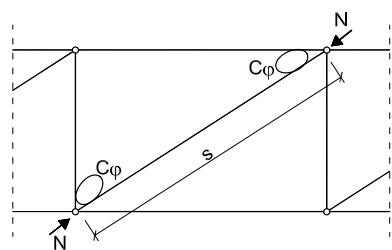
Taula G.1. Coeficients de la longitud de vinclament  $\beta$  per a barres

Sistema estructural	Coeficients $\beta$
<p>1</p> <p>Pilar biarticulat</p> 	$\beta = 1$

Taula G.1. Coeficients de la longitud de vinclament  $\beta$  per a barres

	Sistema estructural	Coeficients $\beta$
2	<p>Pilar en volada</p> 	$\beta = \sqrt{4 + \frac{E \cdot \pi^2}{h \cdot C_\varphi}}$ <p><math>C_\varphi</math> Coeficient de molla</p>
3	<p>Entramat</p> 	<p>Per a la columna, r:</p> $\beta_r = \pi \sqrt{\frac{5 + 4\alpha}{12} + \frac{(EI)_\alpha \cdot (1 + \alpha)}{h_r \cdot C_{\varphi,r}}}$ <p>on:</p> $\alpha = \frac{h_r}{N_r} \cdot \sum \frac{N_i}{h_i}$
4	<p>Arc biarticulat o triarticulat de secció constant.</p> 	$l_k = \beta \cdot s \text{ per a } 0,15 \leq h/l \leq 0,50$ <p>on:</p> $\beta = 1,25$ <p>(forma modal antisimètrica de vinclament)</p>
5	<p>Pòrtic a dues aigües triarticulat</p> 	<p>Pilar</p> $l_k = \beta_s \cdot h \quad (\alpha \leq 15^\circ)$ $\beta_s = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_s}{h} \cdot \left( \frac{1}{C_\varphi} + \frac{s}{3 \cdot E \cdot I_R} \right) + \frac{E \cdot I_s \cdot N_R \cdot s^2}{E \cdot I_R \cdot N_S \cdot h^2}}$ <p>Llinda</p> $l_k = \beta_r \cdot s \quad (\alpha \leq 15^\circ)$ $\beta_r = \beta_s \cdot \frac{h}{s} \cdot \sqrt{\frac{I_R \cdot N_S}{I_S \cdot N_R}}$ <p><math>N_R</math> axial a la llinda</p> <p><math>N_S</math> axial a la columna</p> <p>(forma modal antisimètrica de vinclament)</p>

Taula G.1. Coeficients de la longitud de vinclament  $\beta$  per a barres

Sistema estructural	Coeficients $\beta$
<p>6</p> <p>Forma de parell i nus</p> 	<p><math>\beta = 0,8</math> per a <math>s_1 &lt; 0,7 \cdot s</math></p> <p><math>\beta = 1,0</math> per a <math>s_1 \geq 0,7 \cdot s</math></p> <p>(forma modal antimètrica de vinclament)</p>
<p>7</p> <p>Gelosia de l'ànima</p> 	<p>Acoblaments articulats <math>C_\phi \approx 0</math></p> <p><math>\beta = 1,0</math></p> <p>Acoblaments semirígids <math>C_\phi &gt; 0</math></p> <p><math>\beta = 0,8</math></p>

- En estructures de fusta són poc freqüents les connexions totalment rígides, utilitzant elements de fixació mecànics. Per determinar les longituds de vinclament s'ha de tenir en compte el gir de les connexions semirígides. El coeficient  $C_\phi$  que defineix el grau d'encastament al gir de la connexió correspon al moment necessari per provocar un gir unitat (un radian).
- Com a exemple, en un empalmament de cantonada d'un pòrtic, figura G.1, amb corona de perns, amb un mòdul de desplaçament  $K_u$  del mitjà de fixació, el coeficient  $C_\phi$  es dedueix mitjançant l'expressió següent:

$$C_\phi = \sum_{i=1}^n K_u \cdot r_i^2 \tag{G.4}$$

on:

$r_i$  distància entre el mitjà de fixació i el centre de gravetat de la connexió. A l'empalmament articulat  $C_\phi = 0$  i a l'empalmament completament rígid  $C_\phi = \infty$ ;

$$K_u = 2 \cdot K_{ser} / 3 \tag{G.5}$$

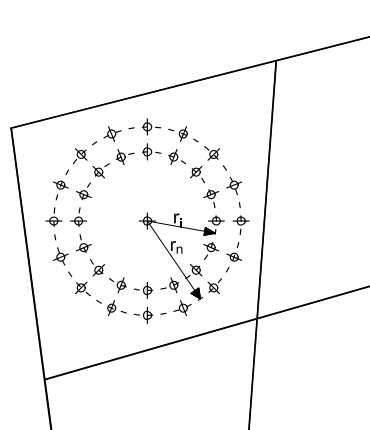


Figura G.1. Empalmament semirígid d'una cantonada d'un pòrtic

## Annex H (informatiu). Fallada d'acoblements per tallant al perímetre o en bloc

- 1 En acoblaments entre fusta i acer amb un component de la força paral·lela a la fibra situada prop de la testa de la peça, el valor característic de la capacitat de càrrega en el mode de fallada per cisallament d'un bloc (fallada del perímetre del grup d'elements de fixació), com es mostra a les figures H.1 i H.2, s'obté per l'expressió següent:

$$R_{bs,Rk} = \max \begin{cases} 1,5 \cdot A_{net,t} \cdot f_{t,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot f_{v,k} \end{cases} \quad (H.1)$$

on:

$$A_{net,t} = L_{net,t} \cdot t \quad (H.2)$$

$$A_{net,v} = \begin{cases} L_{net,v} \cdot t & \text{modes de fallada (e, f, j/l, k, m)} \\ L_{net,v} \cdot (L_{net,t} + 2 \cdot t_{ef}) & \text{modes de fallada restants} \end{cases} \quad (H.3)$$

i,

$$L_{net,v} = \sum_i l_{v,i} \quad (H.4)$$

$$L_{net,t} = \sum_i l_{t,i} \quad (H.5)$$

- per a plaques d'acer primes;

$$t_{ef} = \begin{cases} 0,4 \cdot t_1 & (a) \\ 1,4 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d}} & (b) \end{cases} \quad (H.6)$$

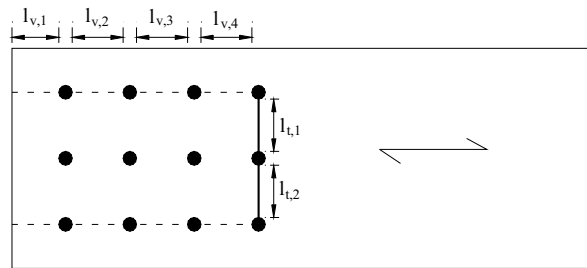
- per a plaques d'acer gruixudes;

$$t_{ef} = \begin{cases} 2 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d}} & (d) (h) \\ t_1 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] & (c) (g) \end{cases} \quad (H.7)$$

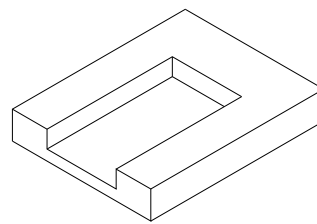
on:

- $F_{bs,k}$  valor característic de la capacitat de càrrega per arrencada d'un bloc;
- $A_{net,t}$  secció neta transversal perpendicular a la fibra;
- $A_{net,v}$  secció neta de tallant paral·lela a la fibra;
- $L_{net,t}$  amplada neta de la secció transversal perpendicular a la fibra;
- $L_{net,v}$  longitud neta de l'àrea de trencament en tallant;
- $l_{v,i}, l_{t,i}$  definides a la figura H.1;
- $t_{ef}$  profunditat eficaç, que depèn del mode de fallada, figura 8.3;
- $t$  gruix de la peça de fusta, o profunditat de penetració del mitjà de fixació;
- $M_{y,Rk}$  moment plàstic característic;
- $d$  diàmetre de l'element de fixació;
- $f_{t,0,k}$  resistència característica a tracció paral·lela;
- $f_{v,k}$  resistència característica a tallant;
- $f_{h,k}$  resistència característica a aplatament de la peça de fusta.

- 2 Nota: els modes de fallada corresponents a les expressions anteriors (H.3), (H.6) i (H.7) apareixen a la figura 8.3.
- 3 A la figura H.1 es representa un exemple de fallada pel perímetre dels mitjans de fixació, i a la figura H.2, per a la fallada de tallant en bloc.



**Figura H.1 Fallada pel perímetre d'un acoblament**



**Figura H.2 Fallada en bloc**

## Annex I. Normes de referència

- 1 En aquest annex apareixen llistats els títols, per ordre numèric, de les normes UNE, UNE EN i UNE ENV esmentades en el text.

UNE 36137: 1996	Bandes (xapes i bobines), d'acer de construcció, galvanitzades en continu per immersió en calent. Condicions tècniques de subministrament.
UNE 56544: 2003	Classificació visual de la fusta serrada de conífera per a ús estructural.
UNE 56530: 1977	Característiques físicomecàniques de la fusta. Determinació del contingut d'humitat mitjançant higròmetre de resistència.
UNE 56544: 1997	Classificació visual de la fusta serrada per a ús estructural.
UNE 102023: 1983	Plaques de cartó guix. Condicions generals i especificacions. (En tant no es disposi de la prEN 520.)
UNE 112036: 1993	Recobriments metàl·lics. Dipòsits electrolítics de zinc sobre ferro o acer.
UNE EN 300: 1997	Taulers d'encenalls orientats (OSB). Definicions, classificació i especificacions.
UNE EN 301: 1994	Adhesius per a estructures de fusta sota càrrega. Adhesius de policondensació de tipus fenòlic i aminoplàstics. Classificació i especificacions de comportament.
UNE EN 302-1: 1994	Adhesius per a estructures de fusta sota càrrega. Mètodes d'assaig. Part 1: determinació de la resistència de l'encolada al cisallament per tracció longitudinal.
UNE EN 302-2: 1994	Adhesius per a estructures de fusta sota càrrega. Mètodes d'assaig. Part 2: determinació de la resistència a la delaminació (mètode de laboratori).
UNE EN 302-3: 1994	Adhesius per a estructures de fusta sota càrrega. Mètodes d'assaig. Part 3: determinació de la influència dels tractaments cíclics de temperatura i humitat sobre la resistència a la tracció transversal.
UNE EN 302-4: 1994	Adhesius per a estructures de fusta sota càrrega. Mètodes d'assaig. Part 4: determinació de la influència de la contracció sobre la resistència al cisallament.
UNE EN 309: 1994	Taulers de partícules. Definició i classificació.
UNE EN 312-1: 1997	Taulers de partícules. Especificacions. Part 1. Especificacions generals per a tots els tipus de taulers. (+ERRATUM)
UNE EN 312-4: 1997	Taulers de partícules. Especificacions. Part 4. Especificacions dels taulers estructurals per a ús en ambient sec.
UNE EN 312-5: 1997	Taulers de partícules. Especificacions.

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

---

UNE EN 312-6: 1997	Part 5. Especificacions dels taulers estructurals per a ús en ambient humit. Taulers de partícules. Especificacions. Part 6. Especificacions dels taulers estructurals d'alta prestació per a ús en ambient sec.
UNE EN 312-7: 1997	Taulers de partícules. Especificacions. Part 7. Especificacions dels taulers estructurals d'alta prestació per a ús en ambient humit.
UNE EN 313-1: 1996	Taulers contraxapats. Classificació i terminologia. Part 1: classificació.
UNE EN 313-2: 1996	Taulers contraxapats. Classificació i terminologia. Part 2: terminologia.
UNE EN 315: 1994	Taulers contraxapats. Toleràncies dimensionals.
UNE EN 316: 1994	Taulers de fibres. Definicions, classificació i símbols.
UNE EN 335-1: 1993	Durabilitat de la fusta i dels seus materials derivats. Definició de les classes de risc d'atac biològic. Part 1: generalitats.
UNE EN 335-2: 1994	Durabilitat de la fusta i dels seus productes derivats. Definició de les classes de risc d'atac biològic. Part 2: aplicació a fusta massissa.
UNE EN 335-3: 1996	Durabilitat de la fusta i dels seus productes derivats. Definició de les classes de risc d'atac biològic. Part 3: aplicació als taulers derivats de la fusta. (+ ERRATUM)
UNE EN 336: 1995	Fusta estructural. Coníferes i pollancre. Dimensions i toleràncies.
UNE EN 338: 1995	Fusta estructural. Classes resistents.
UNE EN 350-1: 1995	Durabilitat de la fusta i dels materials derivats de la fusta. Durabilitat natural de la fusta massissa. Part 1. Guia per als principis d'assaig i classificació de la durabilitat natural de la fusta.
UNE EN 350-2: 1995	Durabilitat de la fusta i dels materials derivats de la fusta. Durabilitat natural de la fusta massissa. Part 2: Guia de la durabilitat natural i de la impregnabilitat d'espècies de fusta seleccionada per la seva importància a Europa.
UNE EN 351-1: 1996	Durabilitat de la fusta i dels productes derivats de la fusta. Fusta massissa tractada amb productes protectors. Part 1: classificació de les penetracions i retencions dels productes protectors. (+ ERRATUM)
UNE EN 351-2: 1996	Durabilitat de la fusta i dels productes derivats de la fusta. Fusta massissa tractada amb productes protectors. Part 2: guia de mostreig de la fusta tractada per a la seva anàlisi.
UNE EN 383: 1998	Estructures de fusta. Mètodes d'assaig. Determinació de la resistència a l'aplatament i del mòdul d'aplatament per als elements de fixació de tipus clavi-lla.
UNE EN 384: 2004	Fusta estructural. Determinació dels valors característics de les propietats

---

## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

---

	mecàniques i la densitat.
UNE EN 386: 1995	Fusta laminada encolada. Especificacions i requisits de fabricació.
UNE EN 390: 1995	Fusta laminada encolada. Dimensions i toleràncies.
UNE EN 408: 1996	Estructures de fusta. Fusta serrada i fusta laminada encolada per a ús estructural. Determinació d'algunes propietats físiques i mecàniques.
UNE EN 409: 1998	Estructures de fusta. Mètodes d'assaig. Determinació del moment plàstic dels elements de fixació de tipus clavilla. Claus.
UNE EN 460: 1995	Durabilitat de la fusta i dels materials derivats de la fusta. Durabilitat natural de la fusta massissa. Guia d'especificacions de durabilitat natural de la fusta per a la seva utilització segons les classes de risc (d'atac biològic).
UNE EN 594: 1996	Estructures de fusta. Mètodes d'assaig. Mètode d'assaig per a la determinació de la resistència i rigidesa al desquadrament dels panells de mur entramat.
UNE EN 595: 1996	Estructures de fusta. Mètodes d'assaig. Assaig per a la determinació de la resistència i rigidesa de les encavallades.
UNE EN 599-1: 1997	Durabilitat de la fusta i dels productes derivats de la fusta. Prestacions dels protectors de la fusta determinades mitjançant assajos biològics. Part 1: especificacions per a les diferents classes de risc.
UNE EN 599-2: 1996	Durabilitat de la fusta i dels productes derivats de la fusta. Característiques dels productes de protecció de la fusta establertes mitjançant assajos biològics. Part 2: classificació i etiquetatge.
UNE EN 622-1: 2004	Taulers de fibres. Especificacions. Part 1: especificacions generals.
UNE EN 622-2: 1997	Taulers de fibres. Especificacions. Part 2: especificacions per als taulers de fibres durs.
UNE EN 622-3: 1997	Taulers de fibres. Especificacions. Part 3: especificacions per als taulers de fibres semidurs.
UNE EN 622-5: 1997	Taulers de fibres. Especificacions. Part 5: especificacions per als taulers de fibres fabricats per procés sec (MDF).
UNE EN 636-1: 1997	Taulers contraxapats. Especificacions. Part 1: especificacions del tauler contraxapat per a ús en ambient sec.
UNE EN 636-2: 1997	Taulers contraxapats. Especificacions. Part 2: especificacions del tauler contraxapat per a ús en ambient humit.
UNE EN 636-3: 1997	Taulers contraxapats. Especificacions. Part 3: especificacions del tauler contraxapat per a ús en exterior.
UNE EN 789: 1996	Estructures de fusta. Mètodes d'assaig. Determinació de les propietats mecàniques dels taulers derivats de la fusta.

---



## Document bàsic SE-M Estructures de fusta

---

UNE EN 1058: 1996	Taulers derivats de la fusta. Determinació dels valors característics de les propietats mecàniques i de la densitat.
UNE EN 1193: 1998	Estructures de fusta. Fusta estructural i fusta laminada encolada. Determinació de la resistència a esforç tallant i de les propietats mecàniques en direcció perpendicular a la fibra.
UNE EN 26891: 1992	Estructures de fusta. Acoblaments realitzats amb elements de fixació mecànics. Principis generals per a la determinació de les característiques de resistència i lliscament.
UNE EN 28970: 1992	Estructures de fusta. Assaig d'acoblaments realitzats amb elements de fixació mecànics. Requisits per a la densitat de la fusta.
UNE EN 1194	Estructures de fusta. Fusta laminada encolada. Classes resistents i determinació dels valors característics.
UNE EN 1912: 1999	Fusta estructural. Classes resistents. Assignació d'espècies i qualitat visuals.
UNE EN 1059: 2000	Estructures de fusta. Requisits de les encavallades fabricades amb connectors de plaques metàl·liques dentades.
UNE EN 13183-1: 2002	Contingut d'humitat d'una peça de fusta serrada. Part 1: determinació pel mètode d'assecat a l'estufa.
UNE EN 13183-2: 2003	Contingut d'humitat d'una peça de fusta serrada. Part 2: estimació pel mètode de la resistència elèctrica.
UNE EN 12369-1: 2003	Taulers derivats de la fusta. Valors característics per al càlcul estructural. Part 1: OSB, taulers de partícules i de fibres (+ correcció 2003).
UNE EN 12369-2: 2004	Taulers derivats de la fusta. Valors característics per al càlcul estructural. Part 2: tauler contraxapat.
UNE EN 14251: 2004	Fusta en roll estructural. Mètodes d'assaig.

# Document bàsic **SI**

---

## Seguretat en cas d'incendi

---

- SI 1 Propagació interior
- SI 2 Propagació exterior
- SI 3 Evacuació d'ocupants
- SI 4 Instal·lació de protecció contra incendis
- SI 5 Intervenció dels bombers
- SI 6 Resistència al foc de l'estructura

## Introducció

### I Objecte

Aquest document bàsic (DB) té per objecte establir regles i procediments que permeten complir les exigències bàsiques de seguretat en cas d'incendi. Les seccions d'aquest DB es corresponen amb les exigències bàsiques SI 1 a SI 6. L'aplicació correcta de cada secció suposa el compliment de l'exigència bàsica corresponent. L'aplicació correcta del conjunt del DB suposa que se satisfà el requisit bàsic "Seguretat en cas d'incendi".

Tant l'objectiu del requisit bàsic com les exigències bàsiques s'estableixen a l'article 11 de la part 1 d'aquest CTE i són els següents:

#### Article 11. Exigències bàsiques de seguretat en cas d'incendi (SI)

- 1 L'objectiu del requisit bàsic "Seguretat en cas d'incendi" consisteix a reduir a límits acceptables el *risc* que els *usuaris* d'un *edifici* pateixin danys derivats d'un incendi d'origen accidental, com a conseqüència de les característiques del seu *projecte, construcció, ús i manteniment*.
- 2 Per satisfer aquest objectiu, els *edificis* s'han de projectar, construir, mantenir i utilitzar de manera que, en cas d'incendi, es compleixin les exigències bàsiques que s'estableixen als apartats següents.
- 3 El document bàsic DB-SI especifica paràmetres objectius i procediments el compliment dels quals assegura la satisfacció de les exigències bàsiques i la superació dels nivells mínims de qualitat propis del requisit bàsic de seguretat en cas d'incendi, excepte en el cas dels edificis, *establiments* i zones d'ús industrial als quals els sigui aplicable el "Reglament de seguretat contra incendis en els establiments industrials", en què les exigències bàsiques es compleixen mitjançant l'aplicació esmentada. <sup>(1)</sup>

##### 11.1 Exigència bàsica SI 1 - Propagació interior

S'ha de limitar el *risc* de propagació de l'incendi per l'interior de l'*edifici*.

##### 11.2 Exigència bàsica SI 2 - Propagació exterior

S'ha de limitar el *risc* de propagació de l'incendi per l'exterior, tant a l'*edifici* considerat com a altres *edificis*.

##### 11.3 Exigència bàsica SI 3 - Evacuació d'ocupants

L'*edifici* ha de disposar dels mitjans d'evacuació adequats perquè els ocupants puguin abandonar-lo o arribar a un lloc segur dins d'aquest en condicions de seguretat.

##### 11.4 Exigència bàsica SI 4 - Instal·lacions de protecció contra incendis

L'*edifici* ha de disposar dels equips i les instal·lacions adequats per fer possible la detecció, el control i l'extinció de l'incendi, així com la transmissió de l'alarma als ocupants.

##### 11.5 Exigència bàsica SI 5 - Intervenció dels bombers

S'ha de facilitar la intervenció dels equips de rescat i d'extinció d'incendis.

<sup>(1)</sup> A aquests efectes s'ha de tenir en compte que també es consideren zones d'ús industrial:

- a) Els emmagatzematges integrats en establiments de qualsevol ús no industrial, quan la *càrrega de foc* total, ponderada i corregida d'aquests emmagatzematges, calculada segons l'annex 1 del Reglament esmentat, excedeixi  $3 \times 10^6$  MJ. No obstant això, quan hi estigui prevista la presència del públic se'ls han d'aplicar a més les condicions que aquest CTE estableix per a l'ús corresponent.
- b) Els garatges per a vehicles destinats al transport de persones o de mercaderies.

**11.6 Exigència bàsica SI 6 - Resistència al foc de l'estructura**

L'estructura portant ha de mantenir la seva *resistència al foc* durant el temps necessari perquè es puguin complir les exigències bàsiques anteriors.

**II Àmbit d'aplicació**

L'àmbit d'aplicació d'aquest DB és el que s'estableix amb caràcter general per al conjunt del CTE en l'article 2 (part I), excloent-ne els edificis, *establiments* i zones d'ús industrial als quals els sigui aplicable el "Reglament de seguretat contra incendis en els establiments industrials".<sup>(1)</sup>

El contingut d'aquest DB es refereix únicament a les exigències bàsiques relacionades amb el requisit bàsic "Seguretat en cas d'incendi". També s'han de complir les exigències bàsiques de la resta de requisits bàsics, fet que es possibilita mitjançant l'aplicació del DB corresponent a cadascun d'aquests.<sup>(2)</sup>

Aquest CTE no inclou exigències dirigides a limitar el risc d'inici d'incendi relacionat amb les instal·lacions o els emmagatzematges regulats per reglamentació específica, a causa que correspon a aquesta reglamentació establir les exigències esmentades.

**III Criteris generals d'aplicació**

Es poden utilitzar altres solucions diferents de les contingudes en aquest DB; en aquest cas s'ha de seguir el procediment establert a l'article 5 del CTE i en el projecte s'ha de documentar el compliment de les exigències bàsiques.

Les cites a normes equivalents a normes EN la referència de les quals hagi estat publicada en el Diari Oficial de la Unió Europea, en el marc de l'aplicació de la Directiva 89/106/CEE, sobre productes de construcció, o d'altres directives, s'han de detallar amb la versió de la referència esmentada.

Als efectes d'aquest DB s'han de tenir en compte els criteris d'aplicació següents:

- 1 A les zones destinades a albergar persones sota règim de privació de llibertat o amb limitacions psíquiques no s'han d'aplicar les condicions que siguin incompatibles amb les circumstàncies esmentades. En el seu lloc, s'hi han d'aplicar altres condicions alternatives, justificant-ne la validesa tècnica i sempre que es compleixin les exigències d'aquest requisit bàsic.
- 2 Els *edificis*, *establiments* o zones d'ús *previst* dels quals no es trobi entre els definits a l'annex SI A d'aquest DB han de complir, llevat d'indicació en un altre sentit, les condicions particulars de l'ús al que millor es puguin assimilar en funció dels criteris exposats a l'article 4 d'aquest CTE.
- 3 Als edificis, *establiments* o zones d'aquests els ocupants dels quals necessitin, en la seva majoria, ajuda per evacuar l'edifici (residències geriàtriques o de persones discapacitades, centres d'educació especial, etc.) se'ls han d'aplicar les condicions específiques de l'ús *hospitalari*.
- 4 Als edificis, *establiments* o zones d'ús sanitari o assistencial de caràcter ambulatori se'ls han d'aplicar les condicions particulars de l'ús *administratiu*.
- 5 Quan un canvi d'ús afecti únicament part d'un edifici o d'un *establiment*, aquest DB s'ha d'aplicar a la part esmentada, així com als mitjans d'evacuació que la serveixin i que conduïxin fins a l'*espai exterior segur*, estiguin o no situats en aquesta. Com a excepció a això, quan en edificis d'ús *residencial habitatge* existents es tracti de transformar a l'ús esmentat zones destinades a qualsevol altre ús, no és necessari aplicar aquest DB als elements comuns d'evacuació de l'edifici.

<sup>(1)</sup> De conformitat amb el Reglament esmentat, al seu torn, les condicions de protecció contra incendis de les zones dels establiments industrials destinades a un altre ús i que superin determinats límits han de ser les que estableix la norma bàsica de l'edificació NBE-CPI/96. En aquesta referència, la norma bàsica esmentada s'ha d'entendre substituïda per aquest DB SI del CTE.

<sup>(2)</sup> En particular, s'ha de tenir en compte que en aquest Codi tècnic les exigències relacionades amb la seguretat de les persones en desplaçar-se per l'edifici (tant en circumstàncies normals com en situacions d'emergència) es vinculen al requisit bàsic "Seguretat d'utilització". Per això, les solucions aplicables als elements de circulació (passadissos, escales, rampes, etc.), així com a la il·luminació normal i a l'enllumenat d'emergència, figuren en el DB SU.

---

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

---

- 6 En les obres de reforma en què es mantingui l'ús, aquest DB s'ha d'aplicar als elements de l'edifici modificats per la reforma, sempre que això suposi una millor adequació a les condicions de seguretat establertes en aquest DB.
- 7 Si la reforma altera l'ocupació o la seva distribució respecte als elements d'evacuació, l'aplicació d'aquest DB ha d'afectar també aquests. Si la reforma afecta elements constructius que hagin de servir de suport a les instal·lacions de protecció contra incendis, o a zones per les quals circulen els seus components, les instal·lacions esmentades s'han d'adequar al que estableix aquest DB.
- 8 En tot cas, les obres de reforma no poden menystenir les condicions de seguretat preexistents, quan aquestes siguin menys estrictes que les previstes en aquest DB.

#### **IV Condicions particulars per al compliment del DB-SI**

- 1 L'aplicació dels procediments d'aquest DB s'ha de portar a terme d'acord amb les condicions particulars que s'hi estableixen i amb les condicions generals per al compliment del CTE, les condicions del projecte, les condicions en l'execució de les obres i les condicions de l'edifici que figuren als articles 5, 6, 7 i 8 respectivament de la part I del CTE.

#### **V Condicions de comportament davant el foc dels productes de construcció i dels elements constructius**

- 1 Aquest DB estableix les condicions de *reacció al foc* i de *resistència al foc* dels elements constructius de conformitat amb les noves classificacions europees establertes mitjançant el Reial decret 312/2005, de 18 de març, i amb les normes d'assaig i classificació que s'hi indiquen.  
No obstant això, quan les normes d'assaig i classificació de l'element constructiu considerat segons la seva *resistència al foc* no estiguin encara disponibles en el moment de realitzar l'assaig, la classificació esmentada es pot seguir determinant i acreditant de conformitat amb les anteriors normes UNE, fins que tingui lloc aquesta disponibilitat.
- 2 L'annex G reflecteix, amb caràcter informatiu, el conjunt de normes de classificació, d'assaig i de producte més directament relacionades amb l'aplicació d'aquest DB.
- 3 Els sistemes de tancament automàtic de les portes resistents al foc han de consistir en un dispositiu de conformitat amb la norma UNE-EN 1154:2003 "Ferramentes per a l'edificació. Dispositius de tancament controlat de portes. Requisits i mètodes d'assaig". Les portes de dues fulles han d'estar a més equipades amb un dispositiu de coordinació d'aquestes fulles de conformitat amb la norma UNE-EN 1158:2003 "Ferramentes per a l'edificació. Dispositius de coordinació de portes. Requisits i mètodes d'assaig".
- 4 Les portes previstes per romandre habitualment en posició oberta han de disposar d'un dispositiu de conformitat amb la norma UNE-EN 1155:2003 "Ferramentes per a l'edificació. Dispositius de retenció electromagnètica per a portes batents. Requisits i mètodes d'assaig".

#### **VI Laboratoris d'assaig**

La classificació, segons les característiques de *reacció al foc* o de *resistència al foc*, dels productes de construcció que encara no tinguin el *marcatge CE* o els elements constructius, així com els assajos necessaris per a això, els han de realitzar laboratoris acreditats per una entitat oficialment reconeguda de conformitat amb el Reial decret 2200/1995, de 28 de desembre, modificat pel Reial decret 411/1997, de 21 de març.

En el moment de la seva presentació, els certificats dels assajos abans esmentats han de tenir una antiguitat menor de 5 anys quan es refereixin a *reacció al foc* i menor de 10 anys quan es refereixin a *resistència al foc*.

## VII Terminologia

Als efectes d'aplicació d'aquest DB, els termes que figuren en lletra cursiva s'han d'utilitzar de conformitat amb el significat i les condicions que s'estableixen per a cadascun, bé a l'annex SI A d'aquest DB, quan es tracti de termes relacionats únicament amb el requisit bàsic "Seguretat en cas d'incendi", o bé a l'annex III de la part I d'aquest CTE, quan siguin termes d'ús comú en el conjunt del Codi.

# Índex

## **Secció SI 1 Propagació interior**

- 1 **Compartimentació en sectors d'incendi**
- 2 **Locals i zones de risc especial**
- 3 **Espais ocults. Pas d'instal·lacions a través d'elements de compartimentació d'incendis**
- 4 **Reacció al foc dels elements constructius, decoratius i de mobiliari**

## **Secció SI 2 Propagació exterior**

- 1 **Parets mitgeres i façanes**
- 2 **Cobertes**

## **Secció SI 3 Evacuació d'ocupants**

- 1 **Compatibilitat dels elements d'evacuació**
- 2 **Càlcul de l'ocupació**
- 3 **Nombre de sortides i longitud dels recorreguts d'evacuació**
- 4 **Dimensionament dels mitjans d'evacuació**
  - 4.1 **Criteris per a l'assignació dels ocupants**
  - 4.2 **Càlcul**
- 5 **Protecció de les escales**
- 6 **Portes situades en recorreguts d'evacuació**
- 7 **Senyalització dels mitjans d'evacuació**
- 8 **Control del fum d'incendi**

## **Secció SI 4 Instal·lacions de protecció contra incendis**

- 1 **Dotació d'instal·lacions de protecció contra incendis**
- 2 **Senyalització de les instal·lacions manuals de protecció contra incendis**

## **Secció SI 5 Intervenció dels bombers**

- 1 **Condicions d'aproximació i entorn**
  - 1.1 **Aproximació als edificis**
  - 1.2 **Entorn dels edificis**
- 2 **Accessibilitat per la façana**

**Secció SI 6 *Resistència al foc* de l'estructura**

- 1 Generalitats
- 2 *Resistència al foc* de l'estructura
- 3 Elements estructurals principals
- 4 Elements estructurals secundaris
- 5 Determinació dels efectes de les accions durant l'incendi
- 6 Determinació de la *resistència al foc*

**Annex SI A Terminologia**

**Annex SI B *Temps equivalent d'exposició al foc***

**Annex SI C *Resistència al foc* de les estructures de formigó armat**

**Annex SI D *Resistència al foc* de les estructures d'acer**

**Annex SI E *Resistència al foc* de les estructures de fusta**

**Annex SI F *Resistència al foc* dels elements de fàbrica**

**Annex SI G Normes relacionades amb l'aplicació del DB-SI**



## Secció SI 1

### Propagació interior

#### 1 Compartimentació en sectors d'incendi

- 1 Els edificis s'han de compartimentar en *sectors d'incendi* segons les condicions que s'estableixen a la taula 1.1 d'aquesta secció. Les superfícies màximes indicades en la taula esmentada per als *sectors d'incendi* es poden duplicar quan estiguin protegits amb una instal·lació automàtica d'extinció que no sigui exigible de conformitat amb aquest DB.
- 2 Als efectes del còmput de la superfície d'un *sector d'incendi*, es considera que els locals de risc especial i les *escales i passadissos protegits* continguts en aquest sector no en formen part.
- 3 La *resistència al foc* dels elements separadors dels *sectors d'incendi* ha de satisfer les condicions que s'estableixen a la taula 1.2 d'aquesta secció. Com a alternativa, quan, de conformitat amb el que estableix la secció SI 6, s'hagi adoptat el *temps equivalent d'exposició al foc* per als elements estructurals, es pot adoptar aquest mateix temps per a la *resistència al foc* que han d'aportar els elements separadors dels *sectors d'incendi*.
- 4 Les escales i els ascensors que serveixin *sectors d'incendi* diferents han d'estar delimitats per elements constructius la *resistència al foc* dels quals ha de ser, com a mínim, la requerida als elements separadors de *sectors d'incendi*, de conformitat amb el que s'estableix al punt 3 anterior. En el cas dels ascensors, quan els seus accessos no estiguin situats al recinte d'una *escala protegida* han de disposar de portes E 30<sup>(\*)</sup> o bé d'un *vestíbul d'independència* en cada accés, excepte quan es tracti d'un accés a un local de risc especial o a una zona d'*ús aparcament*; en aquest cas s'ha de disposar sempre d'un *vestíbul d'independència*.

**Taula 1.1 Condicions de compartimentació en sectors d'incendi**

Ús previst de l'edifici o establiment	Condicions
En general	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tot <i>establiment</i> ha de constituir un sector d'incendi diferenciat de la resta de l'edifici, excepte en edificis l'ús principal dels quals sigui <i>residencial habitatge</i>, els establiments la superfície construïda dels quals no excedeixi els 500 m<sup>2</sup> i l'ús dels quals sigui <i>docent, administratiu o residencial públic</i>.</li> <li>- Tota zona l'ús previst de la qual sigui diferent i subsidiari del principal de l'edifici o de l'<i>establiment</i> en què estigui integrada ha de constituir un <i>sector d'incendi</i> diferent quan superi els límits següents: <ul style="list-style-type: none"> <li>Zona d'<i>ús residencial habitatge</i>, en tot cas.</li> <li>Zona d'allotjament<sup>(*)</sup> o d'<i>ús administratiu, comercial o docent</i> la superfície construïda de la qual excedeixi els 500 m<sup>2</sup>.</li> <li>Zona d'<i>ús pública concurrència</i> l'ocupació de la qual excedeixi les 500 persones.</li> <li>Zona d'<i>ús aparcament</i> la superfície construïda de la qual excedeixi els 100 m<sup>2</sup>.<sup>(2)</sup></li> </ul> </li> </ul> <p>Qualsevol comunicació amb zones d'un altre ús s'ha de fer a través de <i>vestíbuls d'independència</i>.</p>

(\*) Determinat de conformitat amb la norma UNE-EN 81-58:2004 "Regles de seguretat per a la construcció i instal·lació d'ascensors. Exàmens i assajos - Part 58: Assaig de resistència al foc de les portes de pis".

## Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Un espai diàfan pot constituir un únic <i>sector d'incendi</i>, sigui quina sigui la seva superfície construïda, sempre que almenys el 90% d'aquesta es desenvolupi en una planta, les seves sortides comuniquin directament amb l'espai lliure exterior, almenys el 75% del seu perímetre sigui façana i no hi hagi sobre el <i>recinte</i> esmentat cap zona habitable.</li> <li>- No s'estableix un límit de superfície per als <i>sectors de risc mínim</i>.</li> </ul>
<i>Residencial habitatge</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La superfície construïda de tot <i>sector d'incendi</i> no ha d'excedir els 2.500 m<sup>2</sup>.</li> <li>- Els elements que separen habitatges entre si, o aquests de les zones comunes de l'edifici, han de ser almenys EI 60.</li> </ul>
<i>Administratiu</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La superfície construïda de tot <i>sector d'incendi</i> no ha d'excedir els 2.500 m<sup>2</sup>.</li> </ul>
<i>Comercial</i> <sup>(3)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excepte en els casos previstos als guions següents, la superfície construïda de tot <i>sector d'incendi</i> no ha d'excedir: <ul style="list-style-type: none"> <li>i) 2.500 m<sup>2</sup>, en general;</li> <li>ii) 10.000 m<sup>2</sup> en els <i>establiments</i> o centres comercials que ocupin en la seva totalitat un edifici íntegrament protegit amb una instal·lació automàtica d'extinció i l'<i>altura d'evacuació</i> del qual no excedeixi els 10 m. <sup>(4)</sup></li> </ul> </li> <li>- Les zones destinades al públic poden constituir un únic <i>sector d'incendi</i> en <i>establiments</i> o centres comercials que ocupin en la seva totalitat un edifici exempt íntegrament protegit amb una instal·lació automàtica d'extinció i que disposin a cada planta de <i>sortides d'edifici</i> aptes per a l'evacuació de tots els seus ocupants. <sup>(4)</sup></li> <li>- Cada <i>establiment</i> destinat a: <ul style="list-style-type: none"> <li>i) ús <i>pública concurrència</i> en què es prevegi l'existència d'espectacles (inclosos cines, teatres, discoteques, sales de ball, etc.), sigui quina sigui la seva superfície;</li> <li>ii) un altre tipus d'activitat quan la seva superfície construïda excedeixi els 500 m<sup>2</sup>; ha de constituir almenys un <i>sector d'incendi</i> diferenciat, inclòs el possible vestíbul comú a diferents sales. <sup>(5)</sup></li> </ul> </li> </ul>
<i>Residencial públic</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La <i>superfície</i> construïda de cada <i>sector d'incendi</i> no ha d'excedir els 2.500 m<sup>2</sup>.</li> <li>- Tota habitació per a allotjament ha de tenir parets EI 60 i, en <i>establiments</i> la superfície construïda dels quals excedeixi els 500 m<sup>2</sup>, portes d'accés EI<sub>2</sub> 30-C5.</li> </ul>
<i>Docent</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si l'edifici té més d'una planta, la superfície construïda de cada <i>sector d'incendi</i> no ha d'excedir els 4.000 m<sup>2</sup>. Quan tingui una única planta, no és necessari que estigui compartimentada en <i>sectors d'incendi</i>.</li> </ul>
<i>Hospitalari</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les plantes amb zones d'hospitalització o amb unitats especials (quiròfans, UVI, etc.) han d'estar compartimentades almenys en dos <i>sectors d'incendi</i>, cadascun dels quals ha de tenir una superfície construïda que no excedeixi els 1.500 m<sup>2</sup> i amb prou espai per albergar-hi els pacients d'un dels sectors contigus. Se n'exceptuen les plantes la superfície construïda de les quals no excedeixi els 1.500 m<sup>2</sup>, que tinguin sortides directes a l'<i>espai exterior segur</i> i que tinguin uns <i>recorreguts d'evacuació</i> fins a aquestes que no excedeixin els 25 m.</li> <li>- En altres zones de l'edifici, la superfície construïda de cada <i>sector d'incendi</i> no ha d'excedir els 2.500 m<sup>2</sup>.</li> </ul>
<i>Pública concurrència</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La superfície construïda de cada <i>sector d'incendi</i> no ha d'excedir els 2.500 m<sup>2</sup>, excepte en els casos previstos als guions següents.</li> <li>- Els espais destinats a públic assegut en seients fixos en cines, teatres, auditoris, sales per a congressos, etc., així com els museus, els espais per a culte religiós i els recintes poliesportius, firals i similars poden constituir un <i>sector d'incendi</i> d'una superfície construïda més gran de 2.500 m<sup>2</sup>, sempre que: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) estiguin compartimentats respecte d'altres zones mitjançant elements EI 120;</li> <li>b) tinguin resolta l'evacuació mitjançant <i>sortides de planta</i> que comuniquin bé amb un <i>sector de risc mínim</i> a través de <i>vestíbuls d'independència</i>, o bé amb un <i>espai exterior segur</i>;</li> <li>c) els materials de revestiment siguin B-s1,d0 en parets i sostres i B<sub>F-L-s1</sub> en sòls;</li> <li>d) la <i>densitat de la càrrega de foc</i> deguda als materials de revestiment i al mobiliari fix no excedeixi els 200 MJ/m<sup>2</sup>, i</li> <li>e) no hi hagi sobre els espais esmentats cap zona habitable.</li> </ul> </li> <li>- Les <i>caixes escèniques</i> han de constituir un <i>sector d'incendi</i> diferenciat.</li> </ul>

## Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

<b>Aparcament</b>	Ha de constituir un <i>sector d'incendi</i> diferenciat quan estigui integrat en un edifici amb altres usos. Qualsevol comunicació amb aquests s'ha de fer a través d'un <i>vestíbul d'independència</i> . Els <i>aparcaments robotitzats</i> situats sota un altre ús han d'estar compartimentats en sectors d'incendi que no excedeixin els 10.000 m <sup>3</sup> .
-------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- (1) Per exemple, les zones de dormitoris en establiments docents o, en hospitals, per a personal mèdic, infermeres, etc.
- (2) Qualsevol superfície, quan es tracti d'*aparcaments robotitzats*. Els aparcaments convencionals que no excedeixin els 100 m<sup>2</sup> es consideren locals de risc especial baix.
- (3) Es recorda que les zones d'ús industrial o d'emmagatzematge a què es refereix l'àmbit d'aplicació de l'apartat Generalitats d'aquest DB han de constituir un o diversos *sectors d'incendi* diferenciat de les zones d'ús comercial, en les condicions que estableix la reglamentació específica aplicable a l'ús industrial.
- (4) Els elements que separen entre si diferents establiments han de ser EI 60. Aquesta condició no és aplicable als elements que separen els establiments de les zones comunes de circulació del centre.
- (5) Aquests *establiments* han de complir a més les condicions de compartimentació que s'estableixen per a l'ús pública concurrència.

**Taula 1.2 Resistència al foc de les parets, sostres i portes que delimiten sectors d'incendi** <sup>(1)(2)</sup>

Element	Sector sota rasant	Resistència al foc		
		Sector sobre rasant en edifici amb altura d'evacuació:		
		h ≤ 15 m	15 < h ≤ 28 m	h > 28 m
Parets i sostres <sup>(3)</sup> que separen el sector considerat de la resta de l'edifici, i el seu ús és previst: <sup>(4)</sup>				
- Sector de risc mínim en edifici de qualsevol ús	(no s'admet)	EI 120	EI 120	EI 120
- Residencial habitatge, residencial públic, docent, administratiu	EI 120	EI 60	EI 90	EI 120
- Comercial, pública concurrència, hospitalari	EI 120 <sup>(5)</sup>	EI 90	EI 120	EI 180
- Aparcament <sup>(6)</sup>	EI 120 <sup>(7)</sup>	EI 120	EI 120	EI 120
Portes de pas entre sectors d'incendi				
EI <sub>2</sub> t-C5, on t és la meitat del temps de resistència al foc requerit a la paret en què es trobi, o bé la quarta part quan el pas es realitzi a través d'un vestíbul d'independència i de dues portes.				

- (1) Considerant l'acció del foc a l'interior del sector, excepte en el cas dels sectors de risc mínim, en què únicament és necessari considerar-la des de l'exterior d'aquest.  
Un element delimitador d'un *sector d'incendis* pot necessitar una resistència al foc diferent en considerar l'acció del foc per la cara oposada, segons quina sigui la funció de l'element per aquesta cara: compartimentar una zona de risc especial, una escala protegida, etc.
- (2) Com a alternativa es pot adoptar el temps equivalent d'exposició al foc, determinat de conformitat amb el que estableix l'apartat 2 de l'annex SI B.
- (3) Quan el sostre separi d'una planta superior ha de tenir almenys la mateixa resistència al foc que s'exigeix a les parets, però amb la característica REI en lloc d'EI, ja que es tracta d'un element portant i compartimentador d'incendis. En canvi, quan sigui una coberta no destinada a cap activitat, ni prevista per ser utilitzada en l'evacuació, no necessita tenir una funció de compartimentació d'incendis, per la qual cosa només ha d'aportar la resistència al foc R que li correspongui com a element estructural, excepte en les franges a les quals fa referència el capítol 2 de la secció SI 2, en què la resistència esmentada ha de ser REI.
- (4) La resistència al foc del terra és funció de l'ús al qual estigui destinada la zona existent a la planta inferior. Vegeu l'apartat 3 de la secció SI 6 d'aquest DB.
- (5) EI 180 si l'altura d'evacuació de l'edifici és superior a 28 m.
- (6) Resistència al foc exigible a les parets que separen l'aparcament de zones d'un altre ús. Amb relació al forjat de separació, vegeu la nota (3).
- (7) EI 180 si és un *aparcament robotitzat*.

## 2 Locals i zones de risc especial

- 1 Els locals i zones de risc especial integrats als edificis es classifiquen de conformitat amb els graus de risc alt, mitjà i baix segons els criteris que s'estableixen a la taula 2.1. Els locals classificats així han de complir les condicions que s'estableixen a la taula 2.2.
- 2 Els locals destinats a albergar instal·lacions i equips regulats per reglaments específics, com ara transformadors, maquinària d'aparells elevadors, calderes, dipòsits de combustible, comptadors de gas o electricitat, etc. es regeixen, a més, per les condicions que s'estableixen en els reglaments esmentats. Les condicions de ventilació dels locals i dels equips exigides per aquesta reglamentació s'han de solucionar de manera compatible amb les de compartimentació establertes en aquest DB.

Als efectes d'aquest DB se n'exclouen els equips situats en les cobertes dels edificis, encara que estiguin protegits mitjançant elements de cobertura.

**Taula 2.1 Classificació dels locals i zones de risc especial integrats en edificis**

Ús previst de l'edifici o establiment	Mida del local o zona		
	Risc baix	Risc mitjà	Risc alt
- Ús del local o zona		S = superfície construïda V = volum construït	
<b>En qualsevol edifici o establiment:</b>			
- Tallers de manteniment, magatzems d'elements combustibles (p. e.: mobiliari, llenceria, neteja, etc.), arxius de documents, dipòsits de llibres, etc.	100<V≤200 m <sup>3</sup>	200<V≤400 m <sup>3</sup>	V>400 m <sup>3</sup>
- Magatzem de residus	5<S≤15 m <sup>2</sup>	15<S≤30 m <sup>2</sup>	S>30 m <sup>2</sup>
- Aparcament de vehicles de fins a 100 m <sup>2</sup>	En tot cas		
- Cuines segons potència instal·lada P <sup>(1)(2)</sup>	20<P≤30 kW	30<P≤50 kW	P>50 kW
- Bugaderies. Vestidors de personal. Camerinos <sup>(3)</sup>	20<S≤100 m <sup>2</sup>	100<S≤200 m <sup>2</sup>	S>200 m <sup>2</sup>
- Sales de calderes amb potència útil nominal P	70<P≤200 kW	200<P≤600 kW	P>600 kW
- Sales de màquines d'instal·lacions de climatització (UTA, climatitzadors i ventiladors)	En tot cas		
- Sales de maquinària frigorífica: refrigerant amoníac refrigerant halogenat	P≤400 kW	En tot cas P>400 kW	
- Magatzem de combustible sòlid per a calefacció		En tot cas	
- Local de comptadors d'electricitat	En tot cas		
- Centre de transformació			
- aparells amb aïllament dielèctric sec o líquid amb punt d'inflamació més gran que 300 °C	En tot cas		
- aparells amb aïllament dielèctric amb punt d'inflamació que no excedeixi els 300 °C i potència instal·lada P:			
total	P≤2 520 kVA	2520<P≤4000 kVA	P>4 000 kVA
en cada transformador	P≤630 kVA	630<P≤1000 kVA	P>1 000 kVA
- Sala de maquinària d'ascensors	En tot cas		
<b>Residencial habitatge</b>			
- Trasters <sup>(4)</sup>	50<S≤100 m <sup>2</sup>	100<S≤500 m <sup>2</sup>	S>500 m <sup>2</sup>
<b>Hospitalari</b>			
- Magatzems de productes farmacèutics i clínics	100<V≤200 m <sup>3</sup>	200<V≤400 m <sup>3</sup>	V>400 m <sup>3</sup>
- Esterilització i magatzems annexos			En tot cas
- Laboratoris clínics	V≤350 m <sup>3</sup>	350<V≤500 m <sup>3</sup>	V>500 m <sup>3</sup>
<b>Administratiu</b>			
- Impremta, reprografia i locals annexos, com ara magatzems de paper o de publicacions, enquadernació, etc.	100<V≤200 m <sup>3</sup>	200<V≤500 m <sup>3</sup>	V>500 m <sup>3</sup>
<b>Residencial públic</b>			
- Robers i locals per a la custòdia d'equipatges	S≤20 m <sup>2</sup>	20<S≤100 m <sup>2</sup>	S>100 m <sup>2</sup>
<b>Comercial</b>			
- Magatzems en què la densitat de càrrega de foc ponderada i corregida (Q <sub>S</sub> ) aportada pels productes emmagatzemats sigui <sup>(5)</sup>	425<Q <sub>S</sub> ≤850 MJ/m <sup>2</sup>	850<Q <sub>S</sub> ≤3.400 MJ/m <sup>2</sup>	Q <sub>S</sub> >3.400 MJ/m <sup>2</sup>
i la superfície construïda dels quals ha de ser:			

## Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

- en <i>recintes</i> no situats per sota de la planta de sortida de l'edifici			
amb instal·lació automàtica d'extinció	S < 2.000 m <sup>2</sup>	S < 600 m <sup>2</sup>	S < 25 m <sup>2</sup> i altura d'evacuació < 15 m
sense instal·lació automàtica d'extinció	S < 1.000 m <sup>2</sup>	S < 300 m <sup>2</sup>	no s'admet
- en <i>recintes</i> situats per sota de la planta de sortida de l'edifici			
amb instal·lació automàtica d'extinció	< 800 m <sup>2</sup>	no s'admet	no s'admet
sense instal·lació automàtica d'extinció	< 400 m <sup>2</sup>	no s'admet	no s'admet
<b>Pública concurrència</b>			
- Taller o magatzem de decorats, de vestuari, etc.		100 < V ≤ 200 m <sup>3</sup>	V > 200 m <sup>3</sup>

(1) Per a la determinació de la potència instal·lada només es consideren els aparells destinats a la preparació d'aliments. Les fregidores i les paelles basculants es computen a raó d'1 kW per cada litre de capacitat, independentment de la potència que tinguin.

En usos diferents d'*hospitalari* i *residencial públic* no es consideren locals de risc especial les cuines els aparells de les quals estiguin protegits amb un sistema automàtic d'extinció. En el capítol 1 de la secció SI4 d'aquest DB, s'estableix que el sistema esmentat ha d'existir quan la potència instal·lada excedeixi els 50 kW.

(2) Els sistemes d'extracció dels fums de les cuines han de complir a més les condicions especials següents:

- Les campanes han d'estar separades almenys 50 cm de qualsevol material que no sigui A1.
- Els conductes han de ser independents de qualsevol altra extracció o ventilació i exclusius per a cada cuina. Han de disposar de registres per a inspecció i neteja en els canvis de direcció amb angles més grans de 30° i cada 3 m com a màxim de tram horitzontal. Els conductes que passin per l'interior de l'edifici, així com els que passin per façanes a menys d'1,50 m de distància de zones d'aquesta que no siguin almenys EI 30, o de balcons, terrasses o buits practicables, han de tenir una classificació EI 30.

No hi ha d'haver comportes tallafoc a l'interior d'aquest tipus de conductes, per la qual cosa el seu pas a través d'elements de compartimentació de *sectors d'incendi* s'ha de resoldre de la manera que s'indica a l'apartat 3 d'aquesta secció.

- Els filtres han d'estar separats dels focus de calor més d'1,20 m si són tipus graella o de gas, i més de 0,50 m si són d'altres tipus. Han de ser fàcilment accessibles i desmuntables per netejar-los, tenir una inclinació més gran de 45° i posseir una safata de recollida de greixos que els condueixi fins a un recipient tancat la capacitat del qual ha de ser inferior a 3 l.
- Els ventiladors han de complir les especificacions de la norma UNE-EN 12101-3: 2002 "Especificacions per a airejadors extractors de fums i calor mecànics" i tenir una classificació F<sub>400</sub> 90.

(3) Les zones de lavabos no computen a efectes del càlcul de la superfície construïda.

(4) Inclou els que comuniquen directament amb zones d'ús garatge d'edificis d'habitatge.

(5) La determinació de Q<sub>s</sub> es pot fer de conformitat amb el que estableix el "Reglament de seguretat contra incendis en establiments industrials". Es recorda que, d'acord amb l'àmbit d'aplicació d'aquest DB, els magatzems la càrrega de foc total dels quals excedeixi els 3 x 10<sup>5</sup> MJ es regulen pel dit Reglament, encara que pertanyin a un establiment d'ús comercial.

Taula 2.2 Condicions de les zones de risc especial integrades en edificis <sup>(1)</sup>

Característica	Risc baix	Risc mitjà	Risc alt
Resistència al foc de l'estructura portant <sup>(2)</sup>	R 90	R 120	R 180
Resistència al foc de les parets i sostres <sup>(3)</sup> que separen la zona de la resta de l'edifici <sup>(2),(4)</sup>	EI 90	EI 120	EI 180
Vestíbul d'independència en cada comunicació de la zona amb la resta de l'edifici	-	Sí	Sí
Portes de comunicació amb la resta de l'edifici <sup>(5)</sup>	EI <sub>2</sub> 45-C5	2 x EI <sub>2</sub> 30-C5	2 x EI <sub>2</sub> 30-C5
Màxim recorregut d'evacuació fins a alguna sortida del local <sup>(6)</sup>	≤ 25 m <sup>(7)</sup>	≤ 25 m <sup>(7)</sup>	≤ 25 m <sup>(7)</sup>

(1) Les condicions de *reacció al foc* dels elements constructius es regulen a la taula 4.1 del capítol 4 d'aquesta secció.

(2) El temps de *resistència al foc* no ha de ser inferior a l'establert per a l'estructura portant del conjunt de l'edifici, d'acord amb l'apartat SI 6, excepte quan la zona estigui sota una coberta no prevista per a evacuació i la fallada de la qual no comporti un risc per a l'estabilitat d'altres plantes ni per a la compartimentació contra incendis; en aquest cas pot ser R 30.

Excepte en els locals destinats a albergar instal·lacions i equips, es pot adoptar com a alternativa *el temps equivalent d'exposició al foc* determinat de conformitat amb el que estableix l'apartat 2 de l'annex SI B.

(3) Quan el sostre separi d'una planta superior ha de tenir almenys la mateixa *resistència al foc* que s'exigeix a les parets, però amb la característica REI en lloc d'EI, ja que es tracta d'un element portant i compartimentador d'incendis. En canvi,

## Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

quan sigui una coberta no destinada a cap activitat, ni prevista per ser utilitzada en l'evacuació, no necessita tenir una funció de compartimentació d'incendis, per la qual cosa només ha d'aportar la *resistència al foc* R que li correspongui com a element estructural, excepte en les franges a les quals fa referència el capítol 2 de la secció SI 2, en què la resistència esmentada ha de ser REI.

<sup>(4)</sup> Considerant l'acció del foc a l'interior del recinte.

La *resistència al foc* del terra és funció de l'ús al qual estigui destinada la zona existent a la planta inferior. Vegeu l'apartat 3 de la secció SI 6 d'aquest DB.

<sup>(5)</sup> Les portes dels *vestíbuls d'independència* s'han d'obrir cap a l'interior del vestíbul.

<sup>(6)</sup> El recorregut d'evacuació per l'interior de la zona de risc especial s'ha de tenir en compte en el còmput de la longitud dels recorreguts d'evacuació fins a les sortides de planta.

<sup>(7)</sup> Es pot augmentar un 25% quan la zona estigui protegida amb una instal·lació automàtica d'extinció.

### 3 Espais ocults. Pas d'instal·lacions a través d'elements de compartimentació d'incendis

- 1 La compartimentació contra incendis dels espais ocupables ha de tenir continuïtat en els espais ocults, com ara xemeneies de ventilació, cambres, falsos sostres, terres elevats, etc., llevat que aquests estiguin compartimentats respecte dels primers almenys amb la mateixa *resistència al foc*, en aquest cas aquesta es pot reduir a la meitat en els registres per a *manteniment*.
- 2 Independentment d'això, es limita a tres plantes i a 10 m el desenvolupament vertical de les cambres no estanques (ventilades).
- 3 La *resistència al foc* requerida als elements de compartimentació d'incendis s'ha de mantenir en els punts en què els elements esmentats són travessats per elements de les instal·lacions, com ara cables, canonades, conduccions, conductes de ventilació, etc. Per a això es pot optar per una de les alternatives següents:
  - a) Disposar-hi un element que, en cas d'incendi, obturi automàticament la secció de pas i garanteixi en aquest punt una *resistència al foc* almenys igual a la de l'element travessat, per exemple, una comporta tallafocs automàtica EI t ( $i \leftrightarrow o$ ), on t és el temps de *resistència al foc* requerida a l'element de compartimentació travessat, o un dispositiu intumescent d'obturgació.
  - b) Elements passants que aportin una resistència almenys igual a la de l'element travessat, per exemple, conductes de ventilació EI t ( $i \leftrightarrow o$ ), on t és el temps de *resistència al foc* requerida a l'element de compartimentació travessat.

### 4 Reacció al foc dels elements constructius, decoratius i de mobiliari

- 1 Els elements constructius han de complir les condicions de *reacció al foc* que s'estableixen a la taula 4.1.
- 2 Les condicions de *reacció al foc* dels components de les instal·lacions elèctriques (cables, tubs, safates, regletes, armaris, etc.) es regulen en la seva reglamentació específica.

**Taula 4.1 Classes de reacció al foc dels elements constructius**

Situació de l'element	Revestiments <sup>(1)</sup>	
	De sostres i parets <sup>(2) (3)</sup>	De terres <sup>(2)</sup>
Zones ocupables <sup>(4)</sup>	C-s2,d0	EFL
Aparcaments	A2-s1,d0	A2FL-s1
Passadissos i escales protegits	B-s1,d0	CFL-s1
Recintes de risc especial <sup>(5)</sup>	B-s1,d0	BFL-s1

---

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**


---



---

Espais ocults no estancs: xemeneies de ventilació, falsos sostres, terres elevats, etc.

B-s3,d0

B<sub>FL</sub>-s2<sup>(6)</sup>


---

- <sup>(1)</sup> Sempre que superin el 5% de les superfícies totals del conjunt de les parets, del conjunt dels sostres o del conjunt dels terres del *recinte* considerat.
- <sup>(2)</sup> Inclou les canonades i conductes que transcorren per les zones que s'indiquen sense recobriment resistent al foc. Quan es tracti de canonades amb aïllament tèrmic lineal, la classe de reacció al foc ha de ser la que s'hi indica, però incorporant-hi el subíndex L.
- <sup>(3)</sup> Inclou els materials que constitueixin una capa continguda a l'interior del sostre o paret i que no estigui protegida per una capa que sigui EI 30 com a mínim.
- <sup>(4)</sup> Inclou tant les de permanència de persones com les de circulació que no siguin protegides. Exclou l'interior d'habitatges. En ús *hospitalari* s'han d'aplicar les mateixes condicions que en *passadissos i escales protegits*.
- <sup>(5)</sup> Vegeu el capítol 2 d'aquesta secció.
- <sup>(6)</sup> Es refereix a la part inferior de la cavitat. Per exemple, a la cambra dels falsos sostres es refereix al material situat a la cara superior de la membrana. En espais amb clara configuració vertical (per exemple, xemeneies de ventilació) aquesta condició no és aplicable.
- 

- 3 Els elements tèxtils de coberta integrats en edificis, com ara carpes, han de ser classe M2 de conformitat amb la UNE 23727:1990 "Assajos de reacció al foc dels materials de construcció. Classificació dels materials utilitzats en la construcció".
- 4 Als edificis i *establiments d'ús pública concurrència*, els elements decoratius i de mobiliari han de complir les condicions següents:
- a) Butaques i seients fixos que formin part del projecte:
- Entapissats: passen l'assaig segons les normes següents:  
 UNE-EN 1021-1:1994 "Valoració de la inflamabilitat del mobiliari entapissat - Part 1: font d'ignició: cigarret en combustió".  
 UNE-EN 1021-2:1994 "Valoració de la inflamabilitat del mobiliari entapissat - Part 2: font d'ignició: flama equivalent a un llumí".
  - No entapissats: material M2 de conformitat amb la UNE 23727:1990 "Assajos de reacció al foc dels materials de construcció. Classificació dels materials utilitzats en la construcció".
- b) Elements tèxtils suspesos, com telons, cortines, cortinatges, etc.:
- Classe 1 de conformitat amb la norma UNE-EN 13773: 2003 "Tèxtils i productes tèxtils. Comportament al foc. Cortines i cortinatges. Esquema de classificació".

## Secció SI 2 Propagació exterior

### 1 Pareds mitgeres i façanes

- 1 Les parets mitgeres o murs adjacents amb un altre edifici han de ser almenys EI 120.
- 2 Amb la finalitat de limitar el risc de propagació exterior horitzontal de l'incendi a través de les façanes, ja sigui entre dos edificis, o bé en un mateix edifici, entre dos *sectors d'incendi* d'aquest, entre una zona de risc especial alt i altres zones o cap a una *escala o passadís protegit* des d'altres zones, els punts de les dues façanes que no siguin almenys EI 60 han d'estar separats la distància  $d$  que s'indica a continuació, com a mínim, en funció de l'angle  $\alpha$  format pels plans exteriors de les façanes esmentades (vegeu la figura 1.1). Per a valors intermedis de l'angle  $\alpha$ , la distància  $d$  es pot obtenir per interpolació lineal.

$\alpha$	0° <sup>(1)</sup>	45°	60°	90°	135°	180°
$d$ (m)	3,00	2,75	2,50	2,00	1,25	0,50

<sup>(1)</sup> Reflecteix el cas de façanes enfrontades paral·leles

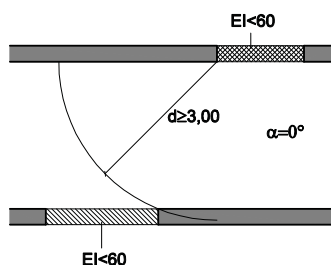


Figura 1.1. Façanes enfrontades

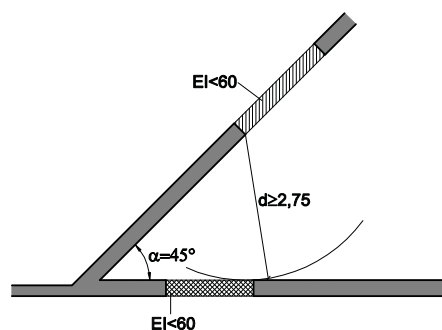


Figura 1.2. Façanes a 45°

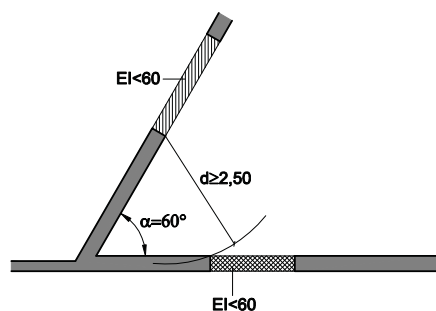


Figura 1.3. Façanes a 60°

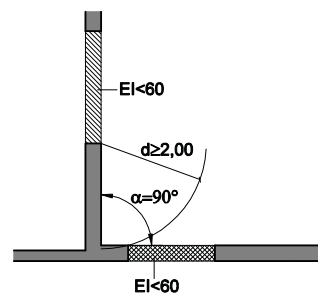


Figura 1.4. Façanes a 90°



## Document Bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

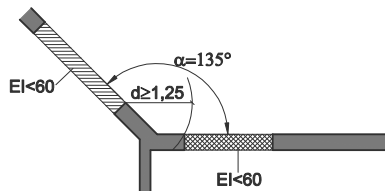


Figura 1.5. Façanes a 135°

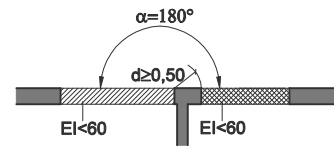


Figura 1.6. Façanes a 180°

- 3 Amb la finalitat de limitar el risc de propagació vertical de l'incendi per façana entre dos sectors d'incendi o entre una zona de risc especial alt i altres zones més altes de l'edifici, la façana esmentada ha de ser almenys EI 60 en una franja d'1 m d'altura, com a mínim, mesurada sobre el pla de la façana (vegeu la figura 1.7). En cas que hi hagi elements sortints aptes per impedir el pas de les flames, l'altura d'aquesta franja es pot reduir en la dimensió del sortint esmentat (vegeu la figura 1.8).

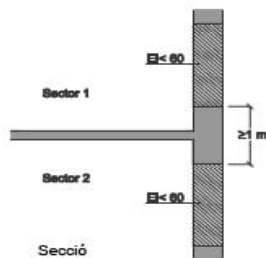


Figura 1.7 Unió forjat-façana

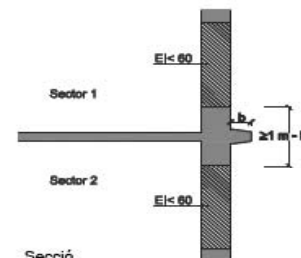


Figura 1.8 Unió forjat-façana amb sortint

- 4 La classe de reacció al foc dels materials que ocupin més del 10% de la superfície de l'acabat exterior de les façanes o de les superfícies interiors de les cambres ventilades que puguin tenir aquestes façanes ha de ser B-s3 d2 en les façanes l'arrencada de les quals sigui accessible al públic, bé des de la rasant exterior o bé des d'una coberta, així com en tota façana l'altura de la qual excedeixi els 18 m.

## 2 Cobertes

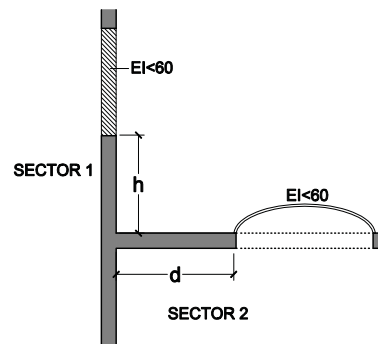
- 1 Amb la finalitat de limitar el risc de propagació exterior de l'incendi per la coberta, ja sigui entre dos edificis adjacents, ja sigui en un mateix edifici, aquesta ha de tenir una resistència al foc REI 60, com a mínim, en una franja de 0,50 m d'amplada mesurada des de l'edifici adjacent, així com en una franja d'1,00 m d'amplada situada sobre l'encontre amb la coberta de tot element compartimentador d'un sector d'incendi o d'un local de risc especial alt. Com a alternativa a la condició anterior es pot optar per prolongar la paret mitgera o l'element compartimentador 0,60 m per damunt de l'acabat de la coberta.
- 2 En l'encontre entre una coberta i una façana que pertanyin a sectors d'incendi o a edificis diferents, l'altura  $h$  sobre la coberta a la qual ha d'estar qualsevol zona de façana la resistència al foc de la qual no sigui almenys EI 60 ha de ser la que s'indica a continuació, en funció de la distància  $d$  de la façana, en projecció horitzontal, a la qual estigui qualsevol zona de la coberta la resistència al foc de la qual tampoc no assoleixi el valor esmentat.

d (m)	≥2,50	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00	0,75	0,50	0
h (m)	0	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00

---

**Document Bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

---



**Figura 2.1 Unió coberta-façana**

- 3 Els materials que ocupin més del 10% del revestiment o acabat exterior de les cobertes, incloent-hi la cara superior dels voladissos el sortint dels quals excedeixi 1 m, així com les lluernes, claraboies i qualsevol altre element d'il·luminació, ventilació o extracció de fum, han de pertànyer a la classe de *reacció al foc* B<sub>ROOF</sub> (t1).

## Secció SI 3

### Evacuació d'ocupants

#### 1 Compatibilitat dels elements d'evacuació

- 1 Els *establiments d'ús comercial o pública concurrència* de qualsevol superfície i els d'*ús docent, residencial públic o administratiu* la superfície construïda dels quals sigui superior a 1.500 m<sup>2</sup>, si estan integrats en un edifici l'*ús previst* principal del qual sigui diferent del seu, han de complir les condicions següents:
  - a) Les seves sortides d'ús habitual i els recorreguts fins a l'*espai exterior segur* han d'estar situats en elements independents de les zones comunes de l'edifici i compartimentats respecte d'aquest de la mateixa manera que ho ha d'estar l'*establiment* en qüestió, segons el que estableix el capítol 1 de la secció 1 d'aquest DB. No obstant això, aquests elements poden servir com a *sortida d'emergència* d'altres zones de l'edifici.
  - b) Les seves *sortides d'emergència* poden comunicar amb un element comú d'evacuació de l'edifici a través d'un *vestíbul d'independència*, sempre que aquest element d'evacuació estigui dimensionat tenint en compte la circumstància esmentada.
- 2 Com a excepció, els *establiments d'ús pública concurrència* la superfície construïda total dels quals no excedeixi els 500 m<sup>2</sup> i estiguin integrats en centres comercials poden tenir sortides d'ús habitual o *sortides d'emergència* a les zones comunes de circulació del centre. Quan la seva superfície sigui més gran que la indicada, almenys les *sortides d'emergència* han de ser independents respecte de les zones comunes esmentades.

#### 2 Càlcul de l'ocupació

- 1 Per calcular l'ocupació s'han de prendre els valors de densitat d'ocupació que s'indiquen a la taula 2.1 en funció de la *superfície útil* de cada zona, llevat de quan sigui previsible una ocupació superior o bé quan sigui exigible una ocupació inferior en aplicació d'alguna disposició legal de compliment obligat, com pot ser en el cas d'establiments hotelers, docents, hospitals, etc. En els *recintes* o zones no inclosos a la taula s'han d'aplicar els valors corresponents als que siguin més assimilables.
- 2 A l'efecte de determinar l'ocupació, s'ha de tenir en compte el caràcter simultani o alternatiu de les diferents zones d'un edifici, considerant el règim d'activitat i d'*ús previst* per a aquest.

Taula 2.1. Densitats d'ocupació <sup>(1)</sup>

Ús previst	Zona, tipus d'activitat	Ocupació (m <sup>2</sup> /persona)
Qualsevol	Zones d'ocupació ocasional i accessibles únicament als efectes de manteniment: sales de màquines, locals per a material de neteja, lavabos de planta, etc.	Ocupació nul·la
Residencial Habitatge	Plantes d'habitatge	20
Residencial públic	Zones d'allotjament Salons d'ús múltiple	20 1

## Document Bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

	Vestíbuls generals i zones generals d'ús públic en plantes de soterrani, baixa i entresolat	2
<i>Aparcament</i> <sup>(2)</sup>	Vinculat a una activitat subjecta a horaris: comercial, espectacles, oficina, etc.	15
	En altres casos	40
<i>Administratiu</i>	Plantes o zones d'oficines	10
	Vestíbuls generals i zones d'ús públic	2
<i>Docent</i>	Conjunt de la planta o de l'edifici	10
	Locals diferents d'aules, com laboratoris, tallers, gimnasos, sales de dibuix, etc.	5
	Aules (excepte d'escoles infantils)	1,5
	Aules d'escoles infantils i sales de lectura de biblioteques	2
<i>Hospitalari</i>	Sales d'espera	2
	Zones d'hospitalització	15
	Serveis ambulatoris i de diagnòstic	10
	Zones destinades a tractament a pacients internats	20
<i>Comercial</i>	En <i>establiments</i> comercials:	
	àrees de vendes en plantes de soterrani, baixa i entresolat	2
	àrees de vendes en plantes diferents de les anteriors	3
	En zones comunes de centres comercials:	
	mercats i galeries d'alimentació	2
	plantes de soterrani, baixa i entresolat o en qualsevol altra amb accés des de l'espai exterior	3
	Plantes diferents de les anteriors	5
<i>Pública concurrència</i>	Zones destinades a espectadors asseguts:	
	amb seients definits en el projecte	1pers/seient
	sense seients definits en el projecte	0,5
	Zones d'espectadors drets	0,25
	Zones de públic en discoteques	0,5
	Zones de públic dret, en bars, cafeteries, etc.	1
	Zones de públic en gimnasos:	
	amb aparells	5
	sense aparells	1,5
	Piscines públiques	
	zones de bany (superfície dels vasos de les piscines)	2
	zones d'estada de públic en piscines descobertes	4
	vestidors	3
	Salons d'ús múltiple en edificis per a congressos, hotels, etc.	1
	Zones de públic en restaurants de "menjar ràpid" (p. ex.: hamburgueseries, pizzeries...)	1,2
	Zones de públic assegut en bars, cafeteries, restaurants, etc.	1,5
	Sales d'espera, sales de lectura en biblioteques, zones d'ús públic en museus, galeries d'art, fires i exposicions, etc.	2
	Vestíbuls generals, zones d'ús públic en plantes de soterrani, baixa i entresolat	2
	Vestíbuls, vestidors, camerinos i altres dependències similars i annexes a sales d'espectacles i de reunió	2
	Zones de públic en terminals de transport	10
Zones de servei de bars, restaurants, cafeteries, etc.	10	
<i>Arxius, magatzems</i>		40

<sup>(1)</sup> S'han de considerar les possibles utilitzacions especials i circumstancials de determinades zones o *recintes*, quan puguin suposar un augment important de l'ocupació en comparació de la pròpia de l'ús normal *previst*. En aquests casos s'han de considerar aquests usos alternatius a efectes del disseny i càlcul dels elements d'evacuació, o bé deixar

**Document Bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

constància, tant en la documentació del projecte com en el Llibre de l'edifici, del fet que les ocupacions i els usos previstos han estat únicament els característics de l'activitat.

- <sup>(2)</sup> En els *aparcaments robotitzats* es considera que no hi ha ocupació. No obstant això, han de disposar dels mitjans d'escapament en cas d'emergència per al personal de manteniment que en cada cas particular consideri necessaris l'autoritat de control.

### 3 Nombre de sortides i longitud dels recorreguts d'evacuació

- 1 A la taula 3.1 s'indica el nombre de sortides que hi ha d'haver en cada cas, com a mínim, així com la longitud dels recorreguts d'evacuació fins a aquestes.

**Taula 3.1. Nombre de sortides de planta i longitud dels recorreguts d'evacuació <sup>(1)</sup>**

Nombre de sortides existents	Condicions
Plantes o recintes que disposen d'una única sortida de planta	<p>No s'admet en ús hospitalari<sup>(2)</sup> a les plantes d'hospitalització o de tractament intensiu, així com en sales o unitats per a pacients hospitalitzats la superfície construïda de les quals excedeixi els 90 m<sup>2</sup>.</p> <p>L'ocupació no excedeix les 100 persones, excepte en els casos que s'indiquen a continuació:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 500 persones en el conjunt de l'edifici, en el cas de sortida d'un edifici d'habitatges;</li> <li>- 50 persones en zones des de les quals l'evacuació fins a una sortida de planta hagi de salvar una altura superior a 2 m en sentit ascendent;</li> <li>- 50 alumnes en escoles infantils, o d'ensenyament primari o secundari.</li> </ul> <p>La longitud dels recorreguts d'evacuació fins a una sortida de planta no excedeix els 25 m, excepte en els casos que s'indiquen a continuació:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 35 m en ús aparcament;</li> <li>- 50 m si es tracta d'una planta que té una sortida directa a l'espai exterior segur i l'ocupació no excedeix les 25 persones.</li> </ul> <p>L'altura d'evacuació de la planta considerada no excedeix els 28 m, excepte en ús residencial públic; en aquest cas és, com a màxim, la segona planta per damunt de la de sortida d'edifici.<sup>(3)</sup></p>
Plantes o recintes que disposen de més d'una sortida de planta <sup>(4)</sup>	<p>La longitud dels recorreguts d'evacuació fins a alguna sortida de planta no excedeix els 50 m, excepte en els casos que s'indiquen a continuació:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 35 m en ús residencial habitatge o residencial públic;</li> <li>- 30 m en plantes d'hospitalització o de tractament intensiu en ús hospitalari i en plantes d'escola infantil o d'ensenyament primari.</li> </ul> <p>La longitud dels recorreguts d'evacuació des del seu origen fins a arribar a algun punt des del qual hi hagi almenys dos recorreguts alternatius no excedeix els 25 m, excepte en els casos que s'indiquen a continuació:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 15 m en plantes d'hospitalització o de tractament intensiu en ús hospitalari;</li> <li>- 35 m en ús aparcament.</li> </ul>

<sup>(1)</sup> La longitud dels recorreguts d'evacuació que s'indiquen es pot augmentar un 25% quan es tracti de sectors d'incendi protegits amb una instal·lació automàtica d'extinció.

<sup>(2)</sup> Almenys una de les sortides ha de ser un accés a un altre sector d'incendi, a una escala protegida, a un passadís protegit o a un vestíbul d'independència.

<sup>(3)</sup> Si l'establiment no excedeix les 20 places d'allotjament i està dotat d'un sistema de detecció i alarma, es pot aplicar el límit general de 28 m d'altura d'evacuació.

<sup>(4)</sup> La planta de sortida de l'edifici ha de disposar de més d'una sortida:

- en el cas d'edificis d'ús residencial habitatge, quan l'ocupació total de l'edifici excedeixi les 500 persones.
- a la resta dels usos, quan li sigui exigible considerant únicament l'ocupació de la planta esmentada, o bé quan l'edifici estigui obligat a tenir més d'una escala per a l'evacuació descendent o més d'una per a evacuació ascendent.

## 4 Dimensionament dels mitjans d'evacuació

### 4.1 Criteris per a l'assignació dels ocupants

- 1 Quan en un *recinte*, en una planta o a l'edifici hi hagi d'haver més d'una sortida, la distribució dels ocupants entre aquestes als efectes de càlcul s'ha de fer suposant-ne inutilitzada una, en la hipòtesi més desfavorable.
- 2 Als efectes del càlcul de la capacitat d'evacuació de les escales i de la distribució dels ocupants entre aquestes, quan n'hi hagi diverses, no és necessari suposar inutilitzada en la seva totalitat alguna de les *escales protegides* existents. En canvi, quan hi hagi diverses escales no protegides, s'ha de considerar inutilitzada en la seva totalitat alguna d'aquestes, en la hipòtesi més desfavorable.
- 3 A la planta de desembarcament d'una escala, el flux de persones que la utilitza s'ha d'afegir a la *sortida de planta* que els correspongui, a l'efecte de determinar-ne l'amplada. Aquest flux s'ha d'estimar en  $160 A$  persones, on  $A$  és l'amplada, en metres, del desembarcament de l'escala, o bé en el nombre de persones que utilitza l'escala en el conjunt de les plantes, quan aquest nombre de persones sigui inferior a  $160 A$ .

### 4.2 Càlcul

- 1 El dimensionament dels elements d'evacuació s'ha de realitzar de conformitat amb el que s'indica a la taula 4.1.

Taula 4.1 Dimensionament dels elements de l'evacuació

Tipus d'element	Dimensionament
Portes i passos	$A \geq P / 200$ <sup>(1)</sup> $\geq 0,80$ m <sup>(2)</sup> L'amplada de tota fulla de porta no pot ser inferior a 0,60 m, ni excedir 1,20 m.
Passadissos i rampes	$A \geq P / 200 \geq 1,00$ m <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup>
Passos entre files de seients fixos en sales per a públic com ara cines, teatres, auditoris, etc. <sup>(6)</sup>	En files amb sortida a passadís únicament per un dels seus extrems, $A \geq 30$ cm quan tinguin 7 seients i 2,5 cm més per cada seient addicional, fins a un màxim admissible de 12 seients. En files amb sortida a passadís pels seus dos extrems, $A \geq 30$ cm en files de 14 seients com a màxim i 1,25 cm més per cada seient addicional. Per a 30 seients o més: $A \geq 50$ cm. <sup>(7)</sup> Cada 25 files, com a màxim, s'ha de disposar un pas entre files l'amplada del qual sigui 1,20 m, com a mínim.
Escales no protegides <sup>(8)</sup>	
per a evacuació descendent	$A \geq P / 160$ <sup>(9)</sup>
per a evacuació ascendent	$A \geq P / (160-10h)$ <sup>(9)</sup>
Escales protegides	$E \leq 3 S + 160 A_S$ <sup>(9)</sup>
En zones a l'aire lliure:	
Passos, passadissos i rampes	$A \geq P / 600 \geq 1,00$ m <sup>(10)</sup>
Escales	$A \geq P / 480 \geq 1,00$ m <sup>(10)</sup>

A = Amplada de l'element [m]

$A_S$  = Amplada de l'escala protegida en el seu desembarcament a la planta de sortida de l'edifici [m]

h = Alçada d'evacuació ascendent [m]

P = Nombre total de persones el pas de les quals és previst pel punt l'amplada del qual es dimensiona.

E = Suma dels ocupants assignats a l'escala a la planta considerada més els de les situades per sota o per damunt d'aquesta fins a la planta de sortida de l'edifici, segons que es tracti d'una escala per a evacuació descendent o ascendent, respectivament. Per a l'assignació esmentada només és necessari aplicar la hipòtesi de bloqueig de sortides de planta indicada al punt 4.1 en una de les plantes, en la hipòtesi més desfavorable.

S = Superfície útil del recinte de l'escala protegida en el conjunt de les plantes de les quals provenen les P persones. Inclou la superfície dels trams, dels replans i dels replans intermedis.

## Document Bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

- (1) L'amplada d'una porta de sortida del recinte d'una *escala protegida* a planta de *sortida de l'edifici* ha de ser almenys igual al 80% de l'amplada de l'escala.
- (2) En *ús hospitalari*  $A \geq 1,05$  m, fins i tot en portes d'habitació.
- (3) En *ús hospitalari*  $A \geq 2,20$  m ( $\geq 2,10$  m en el pas a través de portes).
- (4) En establiments d'*ús comercial*, l'amplada mínima dels passadissos situats en àrees de venda és la següent:
- a) Si la superfície construïda de l'àrea de vendes excedeix els 400 m<sup>2</sup>:
- si és previst l'ús de carros per a transport de productes:
    - entre bateries amb més de 10 caixes de cobrament i prestatgeries:  $A \geq 4,00$  m.
    - en altres passadissos:  $A \geq 1,80$  m.
  - si no és previst l'ús de carros per a transport de productes:  $A \geq 1,40$  m.
- b) Si la superfície construïda de l'àrea de vendes no excedeix els 400 m<sup>2</sup>:
- si és previst l'ús de carros per a transport de productes:
    - entre bateries amb més de 10 caixes de cobrament i prestatgeries:  $A \geq 3,00$  m.
    - en altres passadissos:  $A \geq 1,40$  m.
  - si no és previst l'ús de carros per a transport de productes:  $A \geq 1,20$  m.
- (5) L'amplada mínima és 0,80 m en passadissos previstos per a 10 persones, com a màxim, i que aquestes en siguin usuaris habituals.
- (6) Amplada determinada per les projeccions verticals més pròximes de dues files consecutives, incloses les taules, taulers o altres elements auxiliars que hi pugui haver. Els seients abatibles que es col·loquin automàticament en posició elevada es poden considerar en la posició esmentada.
- (7) No es limita el nombre de seients, però queda condicionat per la longitud dels *recorreguts d'evacuació* fins a alguna sortida del *recinte*.
- (8) Fins i tot passadissos esglaonats d'accés a localitats en amfiteatres, graderies i tribunes de *recintes* tancats, com ara cines, teatres, auditoris, pavellons poliesportius, etc.
- (9) L'amplada mínima és:
- 0,80 m en escales previstes per a 10 persones, com a màxim, i que aquestes en siguin usuaris habituals.
  - 1,20 m en *ús docent*, en zones d'escolarització infantil i en centres d'ensenyament primari, així com en zones de públic d'*ús pública concurrència i comercial*.
  - en *ús hospitalari*, 1,40 m en zones destinades a pacients interns o externs amb recorreguts que obliguen a girs iguals o superiors a 90° i 1,20 m en altres zones.
  - 1,00 m en la resta dels casos.
- (10) En zones per a més de 3.000 persones,  $A \geq 1,20$  m.

Taula 4.2. Capacitat d'evacuació de les escales en funció de la seva amplada

Amplada de l'escala en m	Escala no protegida		Escala protegida (evacuació descendent o ascendent) <sup>(1)</sup>					
	Evacuació ascendent <sup>(2)</sup>	Evacuació descendent	Nre. de plantes					cada planta més
			2	4	6	8	10	
1,00	132	160	224	288	352	416	480	+32
1,10	145	176	248	320	392	464	536	+36
1,20	158	192	274	356	438	520	602	+41
1,30	171	208	302	396	490	584	678	+47
1,40	184	224	328	432	536	640	744	+52
1,50	198	240	356	472	588	704	820	+58
1,60	211	256	384	512	640	768	896	+64
1,70	224	272	414	556	698	840	982	+71
1,80	237	288	442	596	750	904	1058	+77
1,90	250	304	472	640	808	976	1144	+84
2,00	264	320	504	688	872	1056	1240	+92
2,10	277	336	534	732	930	1128	1326	+99
2,20	290	352	566	780	994	1208	1422	+107
2,30	303	368	598	828	1058	1288	1518	+115
2,40	316	384	630	876	1122	1368	1614	+123

**Document Bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

**Nombre d'ocupants que poden utilitzar l'escala**

- (1) La capacitat que s'indica és vàlida per a escales de doble tram, l'amplada de les quals sigui constant en totes les plantes i les dimensions de replans i de replans intermedis de les quals siguin les estrictament necessàries en funció de l'amplada esmentada. Per a altres configuracions s'ha d'aplicar la fórmula de la taula 4.1, i per a això s'ha de determinar la superfície S de l'escala considerada.
- (2) Segons el que s'indica a la taula 5.1, les escales no protegides per a una evacuació ascendent de més de 2,80 m no poden servir per a més de 100 persones.

## 5 Protecció de les escales

- 1 A la taula 5.1 s'indiquen les condicions de protecció que han de complir les escales previstes per a evacuació.

**Taula 5.1. Protecció de les escales**

Ús previst <sup>(1)</sup>	Condicions segons el tipus de protecció de l'escala		
	No protegida	Protegida <sup>(2)</sup>	Especialment protegida
<b>Escales per a evacuació descendent</b>			
<i>Residencial habitatge</i>	$h \leq 14$ m	$h \leq 28$ m	
<i>Administratiu, docent</i>	$h \leq 14$ m	$h \leq 28$ m	
<i>Comercial, pública concurrència</i>	$h \leq 10$ m	$h \leq 20$ m	
<i>Residencial públic</i>	Baixa més una	$h \leq 28$ m <sup>(3)</sup>	S'admet en tot cas
<i>Hospitalari</i>			
zones d'hospitalització o de tractament intensiu	No s'admet	$h \leq 14$ m	
altres zones	$h \leq 10$ m	$h \leq 20$ m	
<i>Aparcament</i>	No s'admet	No s'admet	
<b>Escales per a evacuació ascendent</b>			
<i>Ús aparcament</i>	No s'admet	No s'admet	
Un altre ús: $h \leq 2,80$ m	S'admet en tot cas	S'admet en tot cas	S'admet en tot cas
$2,80 < h \leq 6,00$ m	$P \leq 100$ persones	S'admet en tot cas	
$h > 6,00$ m	No s'admet	S'admet en tot cas	

(1) Les escales que serveixin per a diversos usos han de complir en totes les plantes les condicions més restrictives de les corresponents a cadascun dels usos. Quan un *establiment* contingut en un edifici d'*ús residencial habitatge* no necessiti constituir un *sector d'incendi* de conformitat amb el capítol 1 de la secció 1 d'aquest DB, les condicions exigibles a les escales comunes són les corresponents a l'ús esmentat.

(2) Les escales que comuniquin *sectors d'incendi* diferents, però l'*altura d'evacuació* de les quals no excedeixi l'admesa per a les escales no protegides, no necessiten complir les condicions de les *escales protegides*, sinó únicament estar compartimentades respecte als sectors esmentats amb elements la *resistència al foc* dels quals sigui la que s'estableix a la taula 1-2 de SI per als elements delimitadors dels *sectors d'incendi*.

(3) Quan es tracti d'un *establiment* amb menys de 20 places d'allotjament es pot optar per instal·lar un *sistema de detecció i alarma* com a mesura alternativa a l'exigència d'*escala protegida*.

## 6 Portes situades en recorreguts d'evacuació

- 1 Les portes previstes com a *sortida de planta o d'edifici* i les previstes per a l'evacuació de més de 50 persones han de ser abatibles amb eix de gir vertical i el seu sistema de tancament o bé no ha



---

**Document Bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

---

- d'actuar mentre hi hagi activitat a les zones a evacuar, o bé ha de consistir en un dispositiu de fàcil i ràpida obertura des del costat del qual provingui l'evacuació esmentada, sense haver d'utilitzar una clau i sense haver d'actuar sobre més d'un mecanisme.
- 2 Es considera que satisfan el requisit funcional anterior els dispositius d'obertura mitjançant una maneta o polsador de conformitat amb la norma UNE-EN 179:2003 VC1, quan es tracti de l'evacuació de zones ocupades per persones que en la seva majoria estiguin familiaritzades amb la porta considerada, així com els de barra horitzontal d'empenta o de lliscament de conformitat amb la norma UNE EN 1125:2003 VC1, en cas contrari.
  - 3 Ha d'obrir en el sentit de l'evacuació tota porta de sortida:
    - a) prevista per al pas de més de 200 persones en edificis d'*ús residencial habitatge* o de 100 persones en els altres casos, o bé
    - b) prevista per a més de 50 ocupants del *recinte* o espai en què estigui situada.Per a la determinació del nombre de persones que s'indica en a) i b) s'han de tenir en compte els criteris d'assignació dels ocupants establerts a l'apartat 4.1 d'aquesta secció.
  - 4 Quan hi hagi portes giratòries, s'han de disposar portes abatibles d'obertura manual contigües a aquestes, excepte en cas que les giratòries siguin automàtiques i disposin d'un sistema que permeti l'abatiment de les seves fulles en el sentit de l'evacuació, fins i tot en el cas de fallada de subministrament elèctric, mitjançant l'aplicació manual d'una força no superior a 14 kg. L'amplada útil d'aquest tipus de portes i de les de gir automàtic després del seu abatiment ha d'estar dimensionada per a l'evacuació total prevista.
  - 5 Les portes d'obertura automàtica han de disposar d'un sistema tal que, en cas de fallada del mecanisme d'obertura o del subministrament d'energia, obri la porta i impedeixi que aquesta es tanqui, o bé que, quan siguin abatibles, en permeti l'obertura manual. En absència del sistema esmentat, s'han de disposar portes abatibles d'obertura manual que compleixin les condicions indicades al paràgraf anterior.

## 7 Senyalització dels mitjans d'evacuació

- 1 S'han d'utilitzar els senyals de sortida, d'ús habitual o d'emergència, definits a la norma UNE 23034:1988, de conformitat amb els criteris següents:
  - a) Les sortides de *recinte*, planta o edifici han de tenir un senyal amb el rètol "SORTIDA", excepte en edificis d'*ús residencial habitatge* i, en altres usos, quan es tracti de sortides de *recintes* la superfície dels quals no excedeixi els 50 m<sup>2</sup>, siguin fàcilment visibles des de tot punt dels *recintes* esmentats i els ocupants estiguin familiaritzats amb l'edifici.
  - b) El senyal amb el rètol "Sortida d'emergència" s'ha d'utilitzar en tota sortida prevista per a ús exclusiu en cas d'emergència.
  - c) S'han de disposar senyals indicatius de direcció dels recorreguts, visibles des de tot *origen d'evacuació* des del qual no es percebin directament les sortides o els seus senyals indicatius i, en particular, davant tota sortida d'un *recinte* amb una ocupació superior a 100 persones que accedeixi lateralment a un passadís.
  - d) En els punts dels *recorreguts d'evacuació* en què hi hagi alternatives que puguin induir a error, també s'han de disposar els senyals abans esmentats, de manera que quedi clarament indicada l'alternativa correcta. Aquest és el cas de determinats encreuaments o bifurcacions de passadissos, així com de les escales que, a la planta de sortida de l'edifici, continuïn el seu traçat cap a plantes més baixes, etc.
  - e) En els recorreguts esmentats, al costat de les portes que no siguin sortida i que puguin induir a error en l'evacuació s'ha de disposar el senyal amb el rètol "Sense sortida" en un lloc fàcilment visible però en cap cas sobre les fulles de les portes.
  - f) Els senyals s'han de disposar de manera coherent amb l'assignació d'ocupants que es pretengui fer a cada sortida, de conformitat amb el que estableix el capítol 4 d'aquesta secció.
  - g) La mida dels senyals ha de ser:
    - i) 210 x 210 mm quan la distància d'observació del senyal no excedeixi els 10 m;
    - ii) 420 x 420 mm quan la distància d'observació estigui compresa entre 10 i 20 m;
    - iii) 594 x 594 mm quan la distància d'observació estigui compresa entre 20 i 30 m.

## 8 Control del fum d'incendi

- 1 En els casos que s'indiquen a continuació s'ha d'instal·lar un sistema de control del fum d'incendi capaç de garantir aquest control durant l'evacuació dels ocupants, de manera que aquesta es pugui portar a terme en condicions de seguretat:
  - a) Aparcaments que no tinguin la consideració d'*aparcament obert*.
  - b) *Establiments d'ús comercial o pública concurrència* l'ocupació dels quals excedeixi les 1.000 persones.
  - c) *Atris*, quan la seva ocupació en el conjunt de les zones i plantes que constitueixin un mateix *sector d'incendi*, excedeixi les 500 persones, o bé quan estigui previst per ser utilitzat per a l'evacuació de més de 500 persones.
- 2 El disseny, càlcul, instal·lació i manteniment del sistema es poden realitzar d'acord amb les normes UNE 23585:2004 (de la qual no s'ha de prendre en consideració l'exclusió dels sistemes d'evacuació mecànica o forçada que s'expressa en l'últim paràgraf de l'apartat "0.3 Aplicacions") i EN 12101-6:2005.

Per al cas a) també es pot utilitzar el sistema de ventilació per extracció mecànica amb obertures d'admissió d'aire previst al DB-HS 3 si, a més de les condicions que s'hi estableixen per a aquest, compleix les condicions especials següents:

  - a) El sistema ha de ser capaç d'extreure un cabal d'aire de 120 l / plaça i s'ha d'activar automàticament en cas d'incendi mitjançant una instal·lació de detecció, i també s'han de tancar automàticament, mitjançant comportes E<sub>600</sub> 90, les obertures d'extracció d'aire més pròximes a terra, quan el sistema en disposi.
  - b) Els ventiladors han de tenir una classificació F<sub>400</sub> 90.
  - c) Els conductes que transcorrin per un únic *sector d'incendi* han de tenir una classificació E<sub>600</sub> 90. Els que travessin elements separadors de *sectors d'incendi* han de tenir una classificació EI 90.

## Secció SI 4

### Detecció, control i extinció de l'incendi

#### 1 Dotació d'instal·lacions de protecció contra incendis

- 1 Els edificis han de disposar dels equips i instal·lacions de protecció contra incendis que s'indiquen a la taula 1.1. El disseny, l'execució, la posada en funcionament i el *manteniment* de les instal·lacions esmentades, així com els seus materials, components i equips, han de complir el que estableix el "Reglament d'instal·lacions de protecció contra incendis", en les disposicions complementàries i en qualsevol altra reglamentació específica que li sigui aplicable. La posada en funcionament de les instal·lacions requereix la presentació, davant l'òrgan competent de la comunitat autònoma, del certificat de l'empresa instal·ladora al qual es refereix l'article 18 del Reglament esmentat.

Les zones l'ús *previst* de les quals sigui diferent i subsidiari del principal de l'edifici o de l'establiment en què estiguin integrades i que, de conformitat amb la taula 1.1 del capítol 1 de la secció 1 d'aquest DB, hagin de constituir un *sector d'incendi* diferent, han de disposar de la dotació d'instal·lacions que s'indica per a l'ús *previst* de la zona.

Taula 1.1. Dotació d'instal·lacions de protecció contra incendis

Ús <i>previst</i> de l'edifici o establiment	Condicions
Instal·lació	
<b>En general</b>	
Extintors portàtils	Un d'eficàcia 21A -113B: - Cada 15 m de recorregut a cada planta, com a màxim, des de tot <i>origen d'evacuació</i> . - A les zones de risc especial de conformitat amb el capítol 2 de la secció 1 <sup>(1)</sup> d'aquest DB.
Boques d'incendi	En zones de risc especial alt, de conformitat amb el capítol 2 de la secció SI1, en què el risc es degui principalment a matèries combustibles sòlides. <sup>(2)</sup>
Ascensor d'emergència	A les plantes l' <i>altura d'evacuació</i> de les quals excedeixi els 50 m. <sup>(3)</sup>
Hidrants exteriors	Si l' <i>altura d'evacuació</i> descendent excedeix els 28 m o si l'ascendent excedeix els 6 m, així com en <i>establiments</i> de densitat d'ocupació superior a 1 persona cada 5 m <sup>2</sup> i la superfície construïda dels quals està compresa entre 2.000 i 10.000 m <sup>2</sup> . Almenys un hidrant fins a 10.000 m <sup>2</sup> de superfície construïda i un més per cada 10.000 m <sup>2</sup> addicionals o fracció. <sup>(4)</sup>
Instal·lació automàtica d'extinció	Llevat d'una altra indicació en relació amb l'ús, en tot edifici l' <i>altura d'evacuació</i> del qual excedeixi els 80 m. En cuines en què la potència instal·lada excedeixi els 20 kW en <i>ús hospitalari</i> o <i>residencial públic</i> o els 50 kW en qualsevol altre ús. <sup>(5)</sup> En centres de transformació els aparells dels quals tinguin aïllament dielèctric amb un punt d'inflamació inferior a 300 °C i una potència instal·lada superior a 1.000 kVA en cada aparell o superior a 4.000 kVA en el conjunt dels aparells. Si el centre està integrat en un edifici d' <i>ús pública concurrència</i> i té accés des de l'interior de l'edifici, les potències esmentades són 630 kVA i 2 520 kVA respectivament.

#### Residencial habitatge

**Document Bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

Columna seca <sup>(6)</sup>	Si l' <i>altura d'evacuació</i> excedeix els 24 m.
Sistema de detecció i d'alarma d'incendi	Si l' <i>altura d'evacuació</i> excedeix els 50 m. <sup>(7)</sup>
Ascensor d'emergència <sup>(3)</sup>	A les plantes l' <i>altura d'evacuació</i> de les quals excedeixi els 35 m.
Hidrants exteriors	Un si la superfície total construïda està compresa entre 5.000 i 10.000 m <sup>2</sup> . Un més per cada 10.000 m <sup>2</sup> addicionals o fracció. <sup>(4)</sup>
<b>Administratiu</b>	
Boques d'incendi	Si la superfície construïda excedeix els 2.000 m <sup>2</sup> . <sup>(8)</sup>
Columna seca <sup>(6)</sup>	Si l' <i>altura d'evacuació</i> excedeix els 24 m.
Sistema d'alarma	Si la superfície construïda excedeix els 1.000 m <sup>2</sup> .
Sistema de detecció d'incendi	Si la superfície construïda excedeix els 2.000 m <sup>2</sup> , detectors en zones de risc alt de conformitat amb el capítol 2 de la secció 1 d'aquest DB. Si excedeix els 5.000 m <sup>2</sup> , en tot l'edifici.
Hidrants exteriors	Un si la superfície total construïda està compresa entre 5.000 i 10.000 m <sup>2</sup> . Un més per cada 10.000 m <sup>2</sup> addicionals o fracció. <sup>(4)</sup>
<b>Residencial públic</b>	
Boques d'incendi	Si la superfície construïda excedeix els 1.000 m <sup>2</sup> o l'establiment està previst per donar allotjament a més de 50 persones. <sup>(8)</sup>
Columna seca <sup>(6)</sup>	Si l' <i>altura d'evacuació</i> excedeix els 24 m.
Sistema de detecció i d'alarma d'incendi	Si la superfície construïda excedeix els 500 m <sup>2</sup> . <sup>(9)</sup>
Instal·lació automàtica d'extinció	Si l' <i>altura d'evacuació</i> excedeix els 28 m o la superfície construïda de l'establiment excedeix els 5 000 m <sup>2</sup> .
Hidrants exteriors	Un si la superfície total construïda està compresa entre 2.000 i 10.000 m <sup>2</sup> . Un més per cada 10 000 m <sup>2</sup> addicionals o fracció. <sup>(4)</sup>
<b>Hospitalari</b>	
Extintors portàtils	A les zones de risc especial alt, de conformitat amb el capítol 2 de la secció 1 d'aquest DB, la superfície construïda de les quals excedeixi els 500 m <sup>2</sup> , un extintor mòbil de 25 kg de pols o de CO <sub>2</sub> per cada 2.500 m <sup>2</sup> de superfície o fracció.
Columna seca <sup>(6)</sup>	Si l' <i>altura d'evacuació</i> excedeix els 15 m.
Boques d'incendi	En tot cas. <sup>(8)</sup>
Sistema de detecció i d'alarma d'incendi	En tot cas. El sistema ha de disposar de detectors i de polsadors manuals i ha de permetre la transmissió d'alarmes locals, d'alarma general i d'instruccions verbals. Si l'edifici disposa de més de 100 llits ha de tenir comunicació telefònica directa amb el servei de bombers.
Ascensor d'emergència <sup>(3)</sup>	A les zones d'hospitalització i de tractament intensiu l' <i>altura d'evacuació</i> de les quals és més gran de 15 m.
Hidrants exteriors	Un si la superfície total construïda està compresa entre 2.000 i 10.000 m <sup>2</sup> . Un més per cada 10.000 m <sup>2</sup> addicionals o fracció. <sup>(4)</sup>
<b>Docent</b>	
Boques d'incendi	Si la superfície construïda excedeix els 2.000 m <sup>2</sup> . <sup>(8)</sup>
Columna seca <sup>(6)</sup>	Si l' <i>altura d'evacuació</i> excedeix els 24 m.
Sistema d'alarma	Si la superfície construïda excedeix els 1.000 m <sup>2</sup> .
Sistema de detecció d'incendi	Si la superfície construïda excedeix els 2.000 m <sup>2</sup> , detectors en zones de risc alt de conformitat amb el capítol 2 de la secció 1 d'aquest DB. Si excedeix els 5.000 m <sup>2</sup> , en tot l'edifici.
Hidrants exteriors	Un si la superfície total construïda està compresa entre 5.000 i 10.000 m <sup>2</sup> . Un més per cada 10.000 m <sup>2</sup> addicionals o fracció. <sup>(4)</sup>
<b>Comercial</b>	
Extintors portàtils	En tota agrupació de <i>locals de risc especial</i> mitjà i alt la superfície construïda total dels quals excedeix els 1.000 m <sup>2</sup> , extintors mòbils de 50 kg de pols, distribuïts a raó d'un extintor per cada 1.000 m <sup>2</sup> de superfície que superi el

## Document Bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

	límit o fracció esmentat.
Boques d'incendi	Si la superfície construïda excedeix els 500 m <sup>2</sup> . <sup>(8)</sup>
Columna seca <sup>(6)</sup>	Si l'altura d'evacuació excedeix els 24 m.
Sistema d'alarma	Si la superfície construïda excedeix els 1.000 m <sup>2</sup> .
Sistema de detecció d'incendi <sup>(10)</sup>	Si la superfície construïda excedeix els 2.000 m <sup>2</sup> . <sup>(9)</sup>
Instal·lació automàtica d'extinció	Si la superfície total construïda excedeix els 1.500 m <sup>2</sup> , en les àrees públiques de vendes en què la densitat de càrrega de foc ponderada i corregida aportada pels productes comercialitzats sigui superior a 500 MJ/m <sup>2</sup> (aproximadament 120 Mcal/m <sup>2</sup> ) i en els recintes de risc especial mitjà i alt de conformitat amb el capítol 2 de la secció 1 d'aquest DB.
Hidrants exteriors	Un si la superfície total construïda està compresa entre 1.000 i 10.000 m <sup>2</sup> . Un més per cada 10.000 m <sup>2</sup> addicionals o fracció. <sup>(4)</sup>
<b>Pública concurrència</b>	
Boques d'incendi	Si la superfície construïda excedeix els 500 m <sup>2</sup> . <sup>(8)</sup>
Columna seca <sup>(6)</sup>	Si l'altura d'evacuació excedeix els 24 m.
Sistema d'alarma	Si l'ocupació excedeix les 500 persones. El sistema ha de ser apte per emetre missatges per megafonia.
Sistema de detecció d'incendi	Si la superfície construïda excedeix els 1.000 m <sup>2</sup> . <sup>(9)</sup>
Hidrants exteriors	En cines, teatres, auditoris i discoteques amb una superfície construïda compresa entre 500 i 10.000 m <sup>2</sup> i en recintes esportius amb una superfície construïda compresa entre 5.000 i 10.000 m <sup>2</sup> . <sup>(4)</sup>
<b>Aparcament</b>	
Boques d'incendi	Si la superfície construïda excedeix els 500 m <sup>2</sup> . <sup>(8)</sup> . Se n'exclouen els <i>aparcaments robotitzats</i> .
Columna seca <sup>(6)</sup>	Si hi ha més de tres plantes sota rasant o més de quatre sobre rasant, amb preses en totes les plantes.
Sistema de detecció d'incendi	En aparcaments convencionals la superfície construïda dels quals excedeixi els 500 m <sup>2</sup> . <sup>(9)</sup> . Els <i>aparcaments robotitzats</i> han de disposar de polsadors d'alarma en tot cas.
Hidrants exteriors	Un si la superfície construïda està compresa entre 1.000 i 10.000 m <sup>2</sup> i un més cada 10.000 m <sup>2</sup> més o fracció. <sup>(4)</sup>
Instal·lació automàtica d'extinció	En tot <i>aparcament robotitzat</i> .

<sup>(1)</sup> Un extintor a l'exterior del local o de la zona i pròxim a la porta d'accés, el qual pot servir simultàniament a diversos locals o zones. A l'interior del local o de la zona s'han d'instal·lar a més els extintors necessaris perquè el recorregut real fins a algun d'aquests, inclòs el situat a l'exterior, no sigui superior a 15 m en locals de risc especial mitjà o baix, o a 10 m en locals o zones de risc especial alt.

<sup>(2)</sup> Els equips han de ser de tipus 45 mm, excepte en edificis d'ús *residencial habitatge*, en què han de ser de tipus 25 mm.

<sup>(3)</sup> Les seves característiques han de ser les següents:

- Ha de tenir com a mínim una capacitat de càrrega de 630 kg, una superfície de cabina d'1,40 m<sup>2</sup>, una amplada de pas de 0,80 m i una velocitat tal, que permeti realitzar tot el seu recorregut en menys de 60 s.
- En ús *hospitalari*, les dimensions de la planta de la cabina han de ser 1,20 m x 2,10 m, com a mínim.
- A la planta d'accés a l'edifici s'ha de disposar un polsador al costat dels comandaments de l'ascensor, sota una tapa de vidre, amb la inscripció "ÚS EXCLUSIU BOMBERS". L'activació del polsador ha de provocar l'enviament de l'ascensor a la planta d'accés i permetre'n la maniobra exclusivament des de la cabina.
- En cas de fallada del proveïment normal, l'alimentació elèctrica a l'ascensor s'ha de realitzar de forma automàtica des d'una font pròpia d'energia que disposi d'una autonomia d'1 h com a mínim.

<sup>(4)</sup> Per al còmput de la dotació que s'estableix es poden considerar els hidrants que es troben a la via pública a menys de 100 de la façana accessible de l'edifici.

<sup>(5)</sup> Per a la determinació de la potència instal·lada només s'han de considerar els aparells destinats a la preparació d'aliments. Les fregidores i les paelles basculants es computen a raó d'1 kW per cada litre de capacitat, independentment de la potència que tinguin. L'eficàcia del sistema ha de quedar assegurada tenint en compte l'actuació del sistema d'extracció de fums.

<sup>(6)</sup> Els municipis poden substituir aquesta condició per la d'una instal·lació de boques d'incendi equipades quan, per l'emplaçament d'un edifici o pel nivell de dotació dels serveis públics d'extinció existents, no quedi garantida la utilitat de la instal·lació de columna seca.

<sup>(7)</sup> El sistema ha de disposar almenys de detectors i de dispositius d'alarma d'incendi a les zones comunes.

---

**Document Bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

---

<sup>(8)</sup> Els equips han de ser de tipus 25 mm.

<sup>(9)</sup> El sistema ha de disposar almenys de detectors d'incendi.

<sup>(10)</sup> La condició de disposar detectors automàtics tèrmics es pot substituir per una instal·lació automàtica d'extinció no exigida.

## **2 Senyalització de les instal·lacions manuals de protecció contra incendis**

- 1 Els mitjans de protecció contra incendis d'utilització manual (extintors, boques d'incendi, polsadors manuals d'alarma i dispositius de tret de sistemes d'extinció) s'han de senyalitzar mitjançant els senyals definits a la norma UNE 23033-1 la mida dels quals sigui:
  - a) 210 x 210 mm quan la distància d'observació del senyal no excedeixi els 10 m;
  - b) 420 x 420 mm quan la distància d'observació estigui compresa entre 10 i 20 m;
  - c) 594 x 594 mm quan la distància d'observació estigui compresa entre 20 i 30 m.
- 2 Els senyals han de ser visibles fins i tot en cas de fallada en el subministrament a l'enllumenat normal. Quan siguin fotoluminescents, les seves característiques d'emissió lluminosa han de complir el que estableix la norma UNE 23035-4:1999.

## Secció SI 5

### Intervenció dels bombers

#### 1 Condicions d'aproximació i entorn

##### 1.1 Aproximació als edificis

- 1 Els vials d'aproximació als espais de maniobra als quals es refereix l'apartat 1.2, han de complir les condicions següents:
  - a) amplada mínima lliure 3,5 m;
  - b) altura mínima lliure o gàlib 4,5 m;
  - c) capacitat portant del vial 20 kN/m<sup>2</sup>.
- 2 En els trams corbs, el carril de rodolament ha de quedar delimitat per la traça d'una corona circular els radis mínims de la qual han de ser 5,30 m i 12,50 m, amb una amplada lliure per a circulació de 7,20 m.

##### 1.2 Entorn dels edificis

- 1 Els edificis amb una *altura d'evacuació* descendent superior a 9 m han de disposar d'un espai de maniobra que compleixi les condicions següents al llarg de les façanes en què estiguin situats els accessos principals:
  - a) amplada mínima lliure 5 m;
  - b) altura lliure la de l'edifici
  - c) separació màxima del vehicle a l'edifici (des del pla de la façana fins a l'eix de la via):
    - edificis de fins a 15 m d'*altura d'evacuació* 23 m;
    - edificis de més de 15 m i fins a 20 m d'*altura d'evacuació* 18 m;
    - edificis de més de 20 m d'*altura d'evacuació* 10 m;
  - d) distància màxima fins a qualsevol accés principal a l'edifici 30 m;
  - e) pendent màxim 10%;
  - f) resistència al punxonament del terra 10 t sobre 20 cm  $\phi$ .
- 2 La condició referida al punxonament s'ha de complir en les tapes de registre de les canalitzacions de serveis públics situades en aquest espai, quan les seves dimensions siguin superiors a 0,15 m x 0,15 m, i s'ha de cenyir a les especificacions de la norma UNE-EN 124:1995.
- 3 L'espai de maniobra s'ha de mantenir lliure de mobiliari urbà, arbrat, jardins, fites o altres obstacles. De la mateixa manera, on es prevegi l'accés a una façana amb escales o plataformes hidràuliques, s'han d'evitar elements com ara cables elèctrics aeris o branques d'arbres que puguin interferir amb les escales, etc.
- 4 En cas que l'edifici estigui equipat amb columna seca hi ha d'haver accés per a un equip de bombament a menys de 18 m de cada punt de connexió a aquesta. El punt de connexió ha de ser visible des del camió de bombament.
- 5 En les vies d'accés sense sortida de més de 20 m de llarg s'ha de disposar d'un espai suficient per a la maniobra dels vehicles del servei d'extinció d'incendis.
- 6 En zones edificades limítrofs o interiors a àrees forestals, s'han de complir les condicions següents:

---

**Document Bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

---

- a) Hi ha d'haver una franja de 25 m d'amplada que separi la zona edificada de la forestal, lliure d'arbustos o vegetació que puguin propagar un incendi de l'àrea forestal, així com un camí perimetral de 5 m, que pot estar inclòs en la franja esmentada;
- b) La zona edificada o urbanitzada ha de disposar preferentment de dues vies d'accés alternatives, cadascuna de les quals ha de complir les condicions exposades a l'apartat 1.1;
- c) Quan no es pugui disposar de les dues vies alternatives indicades al paràgraf anterior, l'accés únic ha de finalitzar en un fons de sac de forma circular de 12,50 m de radi, en què es compleixin les condicions expressades al primer paràgraf d'aquest apartat.

## 2 Accessibilitat per la façana

- 1 Les façanes a què es fa referència a l'apartat 1.2 han de disposar de buits que permetin l'accés des de l'exterior al personal del servei d'extinció d'incendis. Aquests buits han de complir les condicions següents:
  - a) Facilitar l'accés a cadascuna de les plantes de l'edifici, de manera que l'altura de l'ampit respecte del nivell de la planta a la qual accedeix no sigui superior a 1,20 m;
  - b) Les seves dimensions horitzontal i vertical han de ser, almenys, 0,80 m i 1,20 m respectivament. La distància màxima entre els eixos verticals de dos buits consecutius no ha d'excedir els 25 m, mesurada sobre la façana;
  - c) No s'han d'instal·lar a la façana elements que impedeixin o dificultin l'accessibilitat a l'interior de l'edifici a través dels buits esmentats, a excepció dels elements de seguretat situats en els buits de les plantes l'*altura d'evacuació* dels quals no excedeixi els 9 m.
- 2 Els *aparcaments robotitzats* han de disposar, en cada sector d'incendis en què estiguin compartimentats, d'una via compartimentada amb elements EI 120 i portes EI<sub>2</sub> 60-C5 que permeti l'accés dels bombers fins a cada nivell existent, així com d'un sistema mecànic d'extracció de fum capaç de realitzar tres renovacions/hora.



## Secció SI 6

### Resistència al foc de l'estructura

#### 1 Generalitats

- 1 L'elevació de la temperatura que es produeix com a conseqüència d'un incendi en un edifici afecta la seva estructura de dues maneres diferents. D'una banda, els materials veuen afectades les seves propietats, i se'n modifica de forma important la capacitat mecànica. De l'altra, apareixen accions indirectes com a conseqüència de les deformacions dels elements, que generalment donen lloc a tensions que se sumen a les degudes a altres accions.
- 2 En aquest document bàsic s'indiquen únicament mètodes simplificats de càlcul prou aproximats per a la majoria de les situacions habituals (vegeu els annexos B a F). Aquests mètodes només recullen l'estudi de la *resistència al foc* dels elements estructurals individuals davant la *corba normalitzada temps temperatura*.
- 3 Es poden adoptar altres models d'incendi per representar l'evolució de la temperatura durant l'incendi, com ara les denominades *corbes paramètriques* o, per a efectes locals, els models d'incendi d'una o dues zones o de *focs localitzats* o mètodes basats en dinàmica de fluids (CFD, segons sigles angleses) com ara els que es preveuen a la norma UNE-EN 1991-1-2:2004.  
En la norma esmentada es recullen, així mateix, també altres *corbes nominals* per a foc exterior o per a incendis produïts per combustibles de gran poder calorífic, com hidrocarburs, i mètodes per a l'estudi dels elements externs situats fora de l'envoltant del *sector d'incendi* i als quals el foc afecta a través de les obertures a la façana.
- 4 En les normes UNE-EN 1992-1-2:1996, UNE-EN 1993-1-2:1996, UNE-EN 1994-1-2:1996, UNE-EN 1995-1-2:1996, s'hi inclouen models de resistència per als materials.
- 5 Els models d'incendi esmentats al paràgraf 3 són adequats per a l'estudi d'edificis singulars o per al tractament global de l'estructura o part d'aquesta estructura, així com quan es requereixi un estudi més ajustat a la situació d'incendi real.
- 6 En qualsevol cas, també és vàlid avaluar el comportament d'una estructura, de part d'aquesta estructura o d'un element estructural mitjançant la realització dels assajos que estableix el Reial decret 312/2005, de 18 de març.
- 7 Si s'utilitzen els mètodes simplificats indicats en aquest document bàsic no és necessari tenir en compte les accions indirectes derivades de l'incendi.

#### 2 Resistència al foc de l'estructura

- 1 S'admet que un element té prou *resistència al foc* si, durant la durada de l'incendi, el valor de càlcul de l'efecte de les accions, en tot instant  $t$ , no supera el valor de la resistència de l'element esmentat. En general, n'hi ha prou a fer la comprovació en l'instant de més temperatura que, amb el model de *corba normalitzada temps-temperatura*, es produeix al final d'aquest.
- 2 En el cas de *sectors de risc mínim* i en els *sectors d'incendi* en què, per la seva mida i per la distribució de la *càrrega de foc*, no sigui previsible l'existència de *focs totalment desenvolupats*, la comprovació de la *resistència al foc* es pot fer element a element mitjançant l'estudi per mitjà de *focs localitzats*, segons el que s'indica a l'Eurocodi 1 (UNE-EN 1991-1-2: 2004), situant successivament la *càrrega de foc* en la posició previsible més desfavorable.

**Document Bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

- 3 En aquest document bàsic no es considera la capacitat portant de l'estructura després de l'incendi.

### 3 Elements estructurals principals

- 1 Es considera que la *resistència al foc* d'un element estructural principal de l'edifici (incloent-hi forjats, bigues i suports), és suficient si:
- assoleix la classe indicada a la taula 3.1 o 3.2, que representa el temps en minuts de resistència davant l'acció representada per la *corba normalitzada temps temperatura*, o
  - suporta aquesta acció durant el *temps equivalent d'exposició al foc* indicat a l'annex B.

**Taula 3.1 Resistència al foc suficient dels elements estructurals**

Ús del sector d'incendi considerat <sup>(1)</sup>	Plantes de soterrani	Plantes sobre rasant altura d'evacuació de l'edifici		
		<15 m	<28 m	≥28 m
Habitatge unifamiliar <sup>(2)</sup>	R 30	R 30	-	-
Residencial habitatge, residencial públic, docent, administratiu	R 120	R 60	R 90	R 120
comercial, pública concurrència, hospitalari	R 120 <sup>(3)</sup>	R 90	R 120	R 180
Aparcament (edifici d'ús exclusiu o situat sobre un altre ús)		R 90		
Aparcament (situat sota un ús diferent)		R 120 <sup>(4)</sup>		

<sup>(1)</sup> La *resistència al foc* suficient d'un terra és la que resulti en considerar-lo com a sostre del sector d'incendi situat sota aquest terra.

<sup>(2)</sup> En habitatges unifamiliars agrupats o adossats, els elements que formen part de l'estructura comuna han de tenir la *resistència al foc* exigible a edificis d'ús residencial habitatge.

<sup>(3)</sup> R 180 si l'altura d'evacuació de l'edifici excedeix els 28 m.

<sup>(4)</sup> R 180 quan es tracti d'aparcaments robotitzats.

**Taula 3.2 Resistència al foc suficient dels elements estructurals de zones de risc especial integrades als edificis <sup>(1)</sup>**

Risc especial baix	R 90
Risc especial mitjà	R 120
Risc especial alt	R 180

<sup>(1)</sup> No pot ser inferior al de l'estructura portant de la planta de l'edifici excepte quan la zona estigui sota una coberta no prevista per a evacuació i la fallada de la qual no suposi un risc per a l'estabilitat d'altres plantes ni per a la compartimentació contra incendis; en aquest cas pot ser R 30.

La *resistència al foc* suficient d'un terra és la que resulti en considerar-lo com a sostre del sector d'incendi situat sota el terra esmentat.

- 2 Les estructures de cobertes lleugeres no previstes per ser utilitzades en l'evacuació dels ocupants i l'altura de les quals respecte de la rasant exterior no excedeixi els 28 m, així com els elements que únicament sustentin les cobertes esmentades, poden ser R 30 quan la seva fallada no pugui ocasionar danys greus als edificis o *establiments* pròxims, ni comprometre l'estabilitat d'altres plantes inferiors o la compartimentació dels sectors d'incendi. A aquests efectes, es pot entendre com a lleugera la coberta la càrrega permanent de la qual no excedeixi 1 kN/m<sup>2</sup>.
- 3 Els elements estructurals d'una *escala protegida* o d'un *passadís protegit* que estiguin continguts al recinte d'aquests han de ser com a mínim R-30. Quan es tracti d'escapes *especialment protegides* no s'exigeix *resistència al foc* als elements estructurals.

### 4 Elements estructurals secundaris

- 1 Als elements estructurals secundaris, com ara les llindes o els dels entresolats d'un local, se'ls exigeix la mateixa *resistència al foc* que als elements principals si el seu col·lapse pot

---

**Document Bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**


---

ocasionar danys personals o comprometre l'estabilitat global, l'evacuació o la compartimentació en sectors d'incendi de l'edifici. En altres casos no han de complir cap exigència de *resistència al foc*.

- 2 Les estructures que sustenten elements tèxtils de coberta integrats en edificis, com ara carpes, no han de complir cap exigència de *resistència al foc*, sempre que, a més de ser classe M2 de conformitat amb la UNE 23727:1990, segons el que estableix el capítol 4 de la secció 1 d'aquest DB, el certificat d'assaig acrediti la perforació de l'element. En cas contrari, els elements de les estructures esmentades han de ser R 30.

## 5 Determinació dels efectes de les accions durant l'incendi

- 1 Han de ser considerades les mateixes accions permanents i variables que en el càlcul en situació persistent, si és probable que actuïn en cas d'incendi.
- 2 Els efectes de les accions durant l'exposició a l'incendi s'han d'obtenir del document bàsic DB-SE.
- 3 Els valors de les diferents accions i coeficients s'han d'obtenir segons el que s'indica al document bàsic DB-SE, apartats 3.4.2 i 3.5.2.4.
- 4 Si s'utilitzen els mètodes indicats en aquest document bàsic per al càlcul de la *resistència al foc* estructural es pot prendre com a efecte de l'acció d'incendi únicament el derivat de l'efecte de la temperatura en la resistència de l'element estructural.
- 5 Com a simplificació per al càlcul es pot estimar l'efecte de les accions de càlcul en situació d'incendi a partir de l'efecte de les accions de càlcul a temperatura normal, com:

$$E_{fi,d} = \eta_{fi} E_d \quad (5.2)$$

on:

$E_d$  efecte de les accions de càlcul en situació persistent (temperatura normal);

$\eta_{fi}$  factor de reducció.

on el factor  $\eta_{fi}$  es pot obtenir com:

$$\eta_{fi} = \frac{G_K + \varphi_{1,1} Q_{K,1}}{\gamma_G G_K + \gamma_{Q,1} Q_{K,1}} \quad (5.3)$$

on el subíndex 1 és l'acció variable dominant considerada en la situació persistent.

## 6 Determinació de la *resistència al foc*

- 1 La *resistència al foc* d'un element es pot establir d'alguna de les maneres següents:
  - a) comprovant les dimensions de la seva secció transversal amb el que s'indica en les diferents taules segons el material que figuren als annexos C a F, per a les diferents *resistències al foc*;
  - b) obtenint la seva resistència pels mètodes simplificats que figuren en els mateixos annexos.
  - c) mitjançant la realització dels assajos que estableix el Reial decret 312/2005, de 18 de març.
- 2 En l'anàlisi de l'element es pot considerar que les coaccions en els suports i extrems de l'element durant el temps d'exposició al foc no varien respecte a les que es produeixen a temperatura normal.
- 3 Qualsevol manera de fallada que no s'hagi tingut en compte explícitament en l'anàlisi d'esforços o en la resposta estructural s'ha d'evitar mitjançant detalls constructius apropiats.
- 4 Si l'annex corresponent al material específic (C a F) no indica el contrari, els valors dels coeficients parcials de resistència en situació d'incendi s'han de prendre iguals a la unitat:
 
$$\gamma_{M,fi} = 1$$
- 5 En la utilització d'algunes taules d'especificacions de formigó i acer es considera el coeficient de sobredimensionament  $\mu_{fi}$ , definit com:

---

**Document Bàsic SI** Seguretat en cas d'incendi

---

$$\mu_{fi} = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}} \quad (6.1)$$

on:

$R_{fi,d,0}$  resistència de l'element estructural en situació d'incendi en l'instant inicial  $t = 0$ , a temperatura normal.

## Annex SI A

### Terminologia

Als efectes d'aplicació del DB-SI, els termes que figuren en lletra cursiva s'han de fer servir d'acord amb el significat i les condicions que s'estableixen per a cadascun d'aquests termes en aquest annex, quan es tracti de termes relacionats únicament amb el requisit bàsic "Seguretat en cas d'incendi", o bé a l'annex III de la part I d'aquest CTE, quan siguin termes d'ús comú en el conjunt del codi.

Quan el significat assignat a un terme en aquest annex sigui igual al que s'estableix en una norma EN o en un altre document, al final del significat esmentat i entre parèntesis s'indica la referència d'aquest document.

#### ***Altura d'evacuació***

Màxima diferència de cotes entre un *origen d'evacuació* i la *sortida d'edifici* que li correspongui. A l'efecte de determinar l'*altura d'evacuació* d'un edifici no es consideren les plantes en les quals únicament hi hagi *zones d'ocupació nul·la*.

#### ***Aparcament obert***

És el que compleix les condicions següents:

- Les façanes presenten a cada planta una àrea total permanentment oberta a l'exterior no inferior a 1/20 de la seva superfície construïda, de la qual almenys 1/40 està distribuïda de manera uniforme entre les dues parets oposades que es trobin a menor distància;
- La distància des de la vora superior de les obertures fins al sostre no excedeix els 0,5 metres.

#### ***Atri***

Espai diàfan amb una altura equivalent a la de diverses plantes de l'edifici comunicades amb aquest espai mitjançant buits, finestres, balcons, passadissos oberts, etc. Part del perímetre de l'*atri* pot estar format també per murs cecs o per façanes de l'edifici.

#### ***Caixa escènica***

Volum construït que abraça des del seu nivell inferior fins a la coberta d'un edifici tot conformant un escenari de teatre, sala d'òpera, etc., equipat amb decorats, tramoies, mecanismes i fossat, de manera que constitueix un *sector d'incendi* que compleixi les condicions especials següents:

- Ha d'estar compartimentat respecte de la sala d'espectadors mitjançant elements EI 120, excepte a la boca de l'escena, que es pot tancar mitjançant un teló EI 60 de material incombustible el temps de tancament del qual no excedeix els 30 s i que pot suportar una pressió de 0,4 kN/m<sup>2</sup> en els dos sentits sense que el seu funcionament es vegi afectat.
- El tancament del teló ha de ser automàtic, però també s'ha de poder activar manualment des de dos punts, l'un situat a l'escenari i l'altre en un lloc d'accés segur, fora de l'espai de l'escenari. Quan es posi en funcionament, s'ha d'activar un senyal òptic d'advertència a l'escenari. Ha de disposar d'una cortina d'aigua d'activació automàtica i manual des de l'escenari i des d'un altre punt situat en un lloc d'accés segur.
- Ha de disposar de *vestíbuls d'independència* en tota comunicació amb la sala d'espectadors.
- A sobre de l'escena només hi ha d'haver locals tècnics que serveixin per a ús directe de l'escena.
- El *recorregut d'evacuació* des de qualsevol punt de l'escenari fins a alguna sortida del sector no ha d'excedir els 25 m, i les portes de sortida han d'obrir en el sentit de l'evacuació.

---

**Document Bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

---

- Les passarel·les, galeries o similars per a ús d'actors o empleats han de disposar de sortides d'evacuació.
- Les passarel·les i escales de l'escenari han de tenir, com a mínim, una amplada de 0,80 m.
- La part superior de la *caixa escènica* ha de disposar d'un sistema adequat per a l'eliminació del fum en cas d'incendi.

**Càrrega de foc**

Suma de les energies calorífiques que s'alliberen en la combustió de tots els materials combustibles existents en un espai (continguts de l'edifici i elements constructius) (UNE-EN 1991-1-2:2004).

**Corba normalitzada temps-temperatura**

*Corba nominal* que representa un model de *foc totalment desenvolupat* en un *sector d'incendi* (UNE-EN 1991-1-2:2004).

**Corbes temps-temperatura**

Temperatura de l'aire en la proximitat de les superfícies d'un element, en funció del temps. Poden ser:

- a) Nominals: corbes convencionals adoptades per classificar o verificar la resistència al foc, per exemple, la *corba normalitzada temps-temperatura*, la corba de foc exterior o la corba de foc d'hidrocarburs;
- b) Paramètriques: determinades a partir de models de foc i dels paràmetres físics específics que defineixen les condicions del *sector d'incendi* (UNE-EN 1991-1-2:2004).

**Densitat de càrrega de foc**

*Càrrega de foc* per unitat de superfície construïda  $q_f$ , o per unitat de superfície de tot l'envoltant, incloent-hi les obertures,  $q_t$  (UNE-EN 1991-1-2:2004).

**Densitat de càrrega de foc de càlcul**

*Densitat de càrrega de foc* considerada per determinar les accions tèrmiques en el càlcul en situació d'incendi. El seu valor té en compte les incerteses (UNE-EN 1991-1-2:2004).

**Escala oberta a l'exterior**

Escala que disposa de buits permanentment oberts a l'exterior que, a cada planta, acumulen una superfície de  $5A \text{ m}^2$ , com a mínim, on  $A$  és l'amplada del tram de l'escala, en m. Quan aquests buits comuniquin amb un pati, les dimensions de la projecció horitzontal d'aquest han d'admetre el traçat d'un cercle inscrit de 15 m de diàmetre.

Es pot considerar com a *escala especialment protegida* sense que per a això hagi de disposar de *vestíbuls d'independència* als seus accessos.

**Escala especialment protegida**

Escala que reuneix les condicions d'*escala protegida* i que, a més, disposa d'un *vestíbul d'independència* diferent a cadascun dels accessos des de cada planta. L'existència d'aquest *vestíbul d'independència* no és necessària, ni quan es tracti d'una *escala oberta a l'exterior* ni a la planta de *sortida de l'edifici*, quan l'escala comuniqui amb un *sector de risc mínim*.

**Escala protegida**

Escala de traçat continu des de l'inici fins al desembarcament en planta de *sortida de l'edifici* que, en cas d'incendi, constitueix un recinte prou segur per permetre que els ocupants hi puguin romandre durant un temps determinat. Per a això ha de reunir, a més de les condicions de seguretat d'utilització exigibles a tota escala (vegeu DB-SU 1-4), les condicions següents:

---

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

---

- 1 És un recinte destinat exclusivament a circulació i compartimentat de la resta de l'edifici mitjançant elements separadors EI 120. Si disposa de façanes, han de complir les condicions establertes en el capítol 1 de la secció SI 2 per limitar el risc de transmissió exterior de l'incendi des d'altres zones de l'edifici o des d'altres edificis.  
A la planta de *sortida de l'edifici* l'escala pot estar mancada de compartimentació quan comuniqui amb un *sector de risc mínim*.
- 2 El recinte té com a màxim dos accessos a cada planta, els quals es fan a través de portes EI<sub>2</sub> 60-C5 i des d'espais de circulació comuns i sense ocupació pròpia.  
A més dels accessos esmentats, poden obrir al recinte de l'*escala protegida* locals destinats a lavabo i neteja, i també els ascensors, sempre que les portes d'aquests últims obrin, en totes les plantes, al recinte de l'*escala protegida* considerada o a un *vestíbul d'independència*.  
Al recinte també hi pot haver tapes de registre de xemeneies de ventilació o de conductes per a instal·lacions, sempre que aquestes siguin EI 60.
- 3 A la planta de *sortida de l'edifici*, la longitud del recorregut des de la porta de sortida del recinte de l'escala, o, si no n'hi ha, des del seu desembarcament, fins a una *sortida d'edifici* no ha d'excedir els 15 m, excepte quan aquest recorregut es faci per un *sector de risc mínim*; en aquest cas, la longitud esmentada ha de ser la que, amb caràcter general, s'estableix per a qualsevol *origen d'evacuació* d'aquest sector.
- 4 El recinte disposa de protecció enfront del fum, mitjançant una de les opcions següents:
  - a) *Ventilació natural* mitjançant finestres practicables o buits oberts a l'exterior amb una superfície de ventilació d'almenys 1 m<sup>2</sup> a cada planta.
  - b) Ventilació mitjançant conductes independents d'entrada i de sortida d'aire, disposats exclusivament per a aquesta funció i que compleixen les condicions següents:
    - la superfície de la secció útil total és de 50 cm<sup>2</sup> per cada m<sup>3</sup> de recinte, tant per a l'entrada com per a la sortida d'aire; quan s'utilitzin conductes rectangulars, la relació entre els costats més gran i menor no és superior a 4;
    - les reixetes tenen una secció útil d'igual superfície i relació màxima entre els seus costats que el conducte al qual estan connectades;
    - a cada planta, les reixetes d'entrada d'aire estan situades a una altura sobre el terra menor que 1 m, i les de sortida d'aire estan enfrontades a les anteriors i a una altura més gran que 1,80 m.
  - c) *Sistema de pressió diferencial* d'acord amb EN 12101-6:2005.

**Espai exterior segur**

És l'espai en el qual es pot donar per finalitzada l'evacuació dels ocupants de l'edifici, pel fet que compleix les condicions següents:

- 1 Permet la dispersió dels ocupants que abandonen l'edifici, en condicions de seguretat.
- 2 Es pot considerar que aquesta condició es compleix quan l'espai exterior té, davant de cada *sortida d'edifici* que hi comuniqui, una superfície d'almenys 0,5P m<sup>2</sup> dins de la zona delimitada amb un radi 0,1P m de distància des de la *sortida d'edifici*, on P és el nombre d'ocupants l'evacuació dels quals estigui prevista per aquesta *sortida*. Quan P no excedeixi les 50 persones no és necessari comprovar la condició esmentada.
- 3 Si l'espai considerat no està comunicat amb la xarxa viària o amb altres espais oberts no es pot considerar cap zona situada a menys de 15 m de qualsevol part de l'edifici, excepte quan estigui dividit en *sectors d'incendi* estructuralment independents entre si i amb sortides també independents a l'espai exterior; en aquest cas, la distància esmentada es pot aplicar únicament respecte del *sector* afectat per un possible incendi.
- 4 Permet una àmplia dissipació de la calor, del fum i dels gasos produïts per l'incendi.
- 5 Permet l'accés dels efectius de bombers i dels mitjans d'ajuda als ocupants que, a cada cas, es considerin necessaris.
- 6 La coberta d'un edifici es pot considerar com a *espai exterior segur* sempre que, a més de complir les condicions anteriors, la seva estructura sigui totalment independent de la de l'edifici amb sortida a aquest espai i un incendi no pugui afectar simultàniament a tots dos.

---

**Document Bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

---

**Establiment**

Zona d'un edifici destinada a ser utilitzada sota una titularitat diferenciada, sota un règim no subsidiari respecte de la resta de l'edifici i amb un projecte d'obres de construcció o reforma, i també l'inici de l'activitat prevista, que siguin objecte de control administratiu.

**Foc de càlcul**

Desenvolupament de foc específic adoptat als efectes de càlcul (UNE-EN 1991-1-2:2004).

**Foc totalment desenvolupat**

Estat en el qual totes les superfícies combustibles existents en un determinat espai participen en el foc (UNE-EN 1991-1-2:2004).

**Foc localitzat**

Foc que només afecta una zona limitada de la *càrrega de foc del sector d'incendi* (UNE-EN 1991-1-2:2004).

**Model informàtic de dinàmica de fluids**

Model de foc que permet resoldre numèricament les equacions diferencials parcials que relacionen les variables termodinàmiques i aerodinàmiques de cada punt del *sector d'incendi* considerat (UNE-EN 1991-1-2:2004).

**Origen d'evacuació**

És qualsevol punt ocupable d'un edifici, exceptuant l'interior dels habitatges, i també de tot el recinte, o de diversos comunicats entre si, en els quals la densitat d'ocupació no excedeixi 1 persona/10 m<sup>2</sup> i la superfície total dels quals no excedeixi els 50 m<sup>2</sup>, com ara les habitacions d'hotel, residència o hospital, els despatxos d'oficines, etc.

Els punts ocupables dels locals de risc especial i de les *zones d'ocupació nul·la* es consideren *origen d'evacuació* i han de complir els límits que s'estableixen per a la longitud dels *recorreguts d'evacuació* fins a les sortides dels espais esmentats, quan es tracti de zones de risc especial, i, en tot cas, fins a les *sortides de planta*, però no s'han de prendre en consideració a l'efecte de determinar l'*altura d'evacuació* d'un edifici o el nombre d'ocupants.

**Passadís protegit**

Passadís que, en cas d'incendi, constitueix un recinte prou segur per permetre que els ocupants hi puguin romandre durant un determinat temps. Per a això, aquest recinte ha de reunir, a més de les condicions de seguretat d'utilització exigibles a qualsevol passadís (vegeu DB-SU 1 i 2), unes condicions de seguretat equivalents a les d'una *escala protegida*.

Si la seva ventilació és mitjançant finestres o buits, la superfície de ventilació ha de ser com a mínim 0,2L m<sup>2</sup>, on L és la longitud del passadís en m.

Si la ventilació es porta a terme mitjançant conductes d'entrada i de sortida d'aire, aquests han de complir les mateixes condicions indicades per als conductes de les *escales protegides*. Les reixetes d'entrada d'aire han d'estar situades en un parament del passadís, a una altura menor que 1 m i les de sortida a l'altre parament, a una altura superior a 1,80 m i separades de les anteriors 10 m com a màxim.

El passadís ha de tenir un traçat continu que hi permeti circular fins a una *escala protegida* o *especialment protegida*, fins a un *sector de risc mínim* o bé fins a un punt situat a 15 m d'una *sortida d'edifici*, com a màxim.

**Reacció al foc**

Resposta d'un material al foc mesurada en termes de contribució al seu desenvolupament amb la seva pròpia combustió, sota condicions específiques d'assaig (DPC - DI2).



---

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**


---

**Recorregut d'evacuació**

Recorregut que condueix des d'un *origen d'evacuació* fins a una *sortida de planta*, situada a la mateixa planta considerada o a una altra, o fins a una *sortida d'edifici*. D'acord amb això, una vegada aconseguida una *sortida de planta*, la longitud del recorregut posterior no computa als efectes del compliment dels límits als recorreguts d'evacuació.

La longitud dels recorreguts per passadissos, escales i rampes es mesura sobre el seu eix. No es consideren vàlids els recorreguts per escales mecàniques, ni aquells en els quals hi hagi torns o altres elements que puguin dificultar el pas. Els recorreguts per rampes i passadissos mòbils es consideren vàlids quan no sigui possible la seva utilització per persones que traslladin carros per al transport d'objectes i estiguin proveïts d'un dispositiu de parada que es pugui activar bé manualment, o bé automàticament per un sistema de detecció i alarma.

Els recorreguts que tinguin el seu origen en zones habitables no poden travessar les zones de risc especial definides a SI 1.2. En canvi, sí que poden travessar aparcaments, quan es tracti dels recorreguts addicionals d'evacuació que requereixin les zones esmentades i en cap cas dels recorreguts principals.

En ús *aparcament* els *recorreguts d'evacuació* han de transcórrer pels carrers de circulació de vehicles, o bé per itineraris de vianants protegits davant de la invasió de vehicles, d'acord amb el que s'estableix en l'apartat 3 del DB-SU 7.

En *establiments d'ús comercial* la superfície construïda dels quals excedeixi els 400 m<sup>2</sup>, els *recorreguts d'evacuació* han de transcórrer, excepte en els deu primers metres, per passadissos definits en projecte, delimitats per elements fixos o bé senyalitzats a terra de manera clara i permanent i que tinguin trams compresos entre altres passadissos transversals que no excedeixin els 20 m.

En *establiments comercials* en els quals estigui previst l'ús de carros per a transport de productes, els punts de pas a través de caixes de cobrament no es poden considerar com a elements de l'evacuació. En aquests casos s'han de disposar sortides intercalades a la bateria de caixes, dimensionades segons el que s'estableix en l'apartat 4.2 de la secció SI 3 i separades de manera que no hi hagi més de deu caixes entre dues sortides consecutives. Quan la bateria disposi de menys de deu caixes, hi ha d'haver, com a mínim, dues sortides situades als seus extrems. Quan tinguin menys de cinc caixes, s'ha de disposar una sortida situada en un extrem de la bateria.

En els *establiments* en els quals no estigui previst l'ús de carros, els punts de pas a través de les caixes es poden considerar com a elements d'evacuació, sempre que la seva amplada lliure sigui 0,70 m, com a mínim, i que en un dels extrems de la bateria de caixes es disposi un pas d'1,20 m d'amplada, com a mínim.

Excepte en el cas dels aparcaments, de les *zones d'ocupació nul·la* i de les zones ocupades únicament per personal de manteniment o de control de serveis, no es consideren vàlids els *recorreguts d'evacuació* que requereixin salvar, en sentit ascendent, una altura més gran que la indicada en la taula que s'inclou a continuació, bé en la totalitat del *recorregut d'evacuació* fins a l'*espai exterior segur*, o bé en algun dels seus trams.

<b>Ús previst i zona</b>	<b>Màxima altura salvada</b>
En general, exceptuant els casos que s'indiquen a continuació	4 m <sup>(1)</sup>
Hospitalari, en zones d'hospitalització o de tractament intensiu	2 m <sup>(2)</sup>
Docent      escola infantil	1 m
ensenyament primari	2 m
Administratiu zones de seguretat <sup>(3)</sup>	6 m

(1) Aquesta limitació no és aplicable quan es tracti d'una primera planta sota rasant.

(2) No es limita a zones de tractament intensiu amb radioteràpia.

(3) Sempre que disposin com a mínim de dues *sortides de planta* i almenys una consisteixi en una porta que doni accés a un altre sector a la mateixa planta, a una *escala protegida*, a un *passadís protegit* o a un *vestíbul d'independència*.

---

**Recorreguts d'evacuació alternatius**

Es considera que dos *recorreguts d'evacuació* que condueixen des d'un *origen d'evacuació* fins a dues *sortides de planta o d'edifici* diferents són alternatius quan en aquest origen formen entre si un angle més gran que 45° o bé estan separats per elements constructius que siguin EI-30 (RF-30) i impedeixin que els dos recorreguts puguin quedar simultàniament bloquejats pel fum.

---

**Document Bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

---

**Resistència al foc**

Capacitat d'un element de construcció per mantenir durant un període de temps determinat la funció portant que li sigui exigible, així com la integritat i/o l'aïllament tèrmic en els termes especificats en l'assaig normalitzat corresponent (DPC - DI2).

**Sortida de planta**

És algun dels elements següents, i pot estar situada bé a la planta considerada o bé en una altra planta diferent:

- 1 L'arrencada d'una escala no protegida que condueix a una planta de *sortida de l'edifici*, sempre que no tingui un ull o forat central amb una àrea en planta més gran que 1,30 m<sup>2</sup>. Tanmateix, quan la planta estigui comunicada amb altres per buits diferents dels de les escales, l'arrencada d'escala abans esmentada no es pot considerar *sortida de planta*.
- 2 Una porta d'accés a una *escala protegida*, a un *passadís protegit* o a un *vestíbul d'independència* d'una *escala especialment protegida*, amb capacitat suficient i que condueix a una *sortida d'edifici*.  
Quan es tracti d'una *sortida de planta* des d'una zona d'hospitalització o de tractament intensiu, els elements esmentats han de tenir una superfície d'almenys 0,70 m<sup>2</sup> o 1,50 m<sup>2</sup>, respectivament, per cada ocupant. En el cas d'escales, aquesta superfície es refereix a la del replà de la planta considerada, i s'admet la seva utilització per a activitats d'escàs risc, com ara sales d'espera, etc.
- 3 Una porta de pas, a través d'un *vestíbul d'independència*, a un *sector d'incendi* diferent que hi hagi a la mateixa planta, sempre que:
  - el sector inicial tingui una altra *sortida de planta* que no condueixi al mateix sector alternatiu.
  - el sector alternatiu tingui una superfície en zones de circulació suficient per allotjar els ocupants del sector inicial, a raó de 0,5 m<sup>2</sup>/pers, considerant únicament els punts situats a menys de 30 m de recorregut des de l'accés al sector. En *ús hospitalari*, aquesta superfície es determina d'acord amb els criteris indicats en el punt 2 anterior.
  - l'evacuació del sector alternatiu no conflueixi amb la del sector inicial en cap altre sector de l'edifici, excepte quan ho faci en un *sector de risc mínim*.
- 4 Una *sortida d'edifici*.

**Sortida d'edifici**

Porta o forat de sortida a un *espai exterior segur*. En el cas d'*establiments* situats en àrees consolidades i l'ocupació dels quals no excedeixi les 500 persones, es pot admetre com a *sortida d'edifici* la que comuniqui amb un espai exterior que disposi de dos *recorreguts alternatius* que no excedeixin els 50 m fins a dos *espais exteriors segurs*.

**Sortida d'emergència**

*Sortida de planta* o *d'edifici* prevista per ser utilitzada exclusivament en cas d'emergència i que està senyalitzada d'acord amb això.

**Sector sota rasant**

*Sector d'incendi* en el qual els *recorreguts d'evacuació* d'alguna de les seves zones han de salvar necessàriament una *altura d'evacuació* ascendent igual o superior a 1,5 m.

**Sector d'incendi**

Espai d'un edifici separat d'altres zones d'aquest per elements constructius delimitadors resistents al foc durant un període de temps determinat, a l'interior del qual es pot confinar (o excloure) l'incendi perquè no es pugui propagar a (o des de) una altra part de l'edifici (DPC - DI2).

**Sector de risc mínim**

*Sector d'incendi* que compleix les condicions següents:

---

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

---

- Està destinat exclusivament a circulació i no constitueix un *sector sota rasant*.
- La *densitat de càrrega de foc* no excedeix els 40 MJ/m<sup>2</sup> en el conjunt del sector, ni els 50 MJ/m<sup>2</sup> en qualsevol dels recintes continguts en el sector, considerant la *càrrega de foc* aportada, tant pels elements constructius com pel contingut propi de l'activitat.
- Està *separat* de qualsevol altra zona de l'edifici que no tingui la consideració de *sector de risc mínim* mitjançant elements amb una resistència al foc d'EI 120, i la *comunicació* amb aquestes zones es fa a través de *vestíbuls d'independència*.
- Té resolta l'evacuació, des de tots els seus punts, mitjançant *sortides d'edifici* directes a *espai exterior segur*.

**Sistema d'alarma d'incendis**

Sistema que permet emetre senyals acústics i/o visuals als ocupants d'un edifici (UNE 23007-1:1996, EN 54-1:1996).

(Nota: la seva funció es correspon amb la del denominat "Sistema de comunicació d'alarma" segons el Reglament d'instal·lacions de protecció contra incendis, i pot estar integrada juntament amb la del sistema de detecció d'incendis en un mateix sistema.)

**Sistema de detecció d'incendis**

Sistema que permet detectar un incendi en el temps més curt possible i emetre els senyals d'alarma i de localització adequats perquè es puguin adoptar les mesures apropiades (UNE 23007-1:1996, EN 54-1:1996).

(Nota: la seva funció es correspon amb les dels denominats "Sistema automàtic de detecció d'incendis" i "Sistema manual d'alarma d'incendis" segons el Reglament d'instal·lacions de protecció contra incendis, i pot estar integrada juntament amb la del *sistema d'alarma d'incendis*, en un mateix sistema.)

**Sistema de pressió diferencial**

Sistema de ventiladors, conductes, obertures i altres elements característics previstos amb el propòsit de generar una pressió més baixa a la zona de l'incendi que a l'espai protegit (UNE 23585: 2004 - CR 12101-5:2000 i EN 12101-6:2005).

**Superfície útil**

Superfície en planta d'un recinte, sector o edifici ocupable per les persones. En ús *Comercial*, quan no es defineixi en projecte la disposició de taulells, prestatgeries, caixes enregistradores i, en general, d'aquells elements que configuren la implantació comercial d'un *establiment*, s'ha de prendre com a superfície útil de les zones destinades al públic, almenys el 75% de la seva superfície construïda.

**Temps equivalent d'exposició al foc**

És el temps d'exposició a la *corba normalitzada temps-temperatura* que se suposa que té un efecte tèrmic igual al d'un incendi real en el *sector d'incendi* considerat (UNE-EN 1991-1-2:2004).

**Ús administratiu**

Edifici, *establiment* o zona en què es desenvolupen activitats de gestió o de serveis en qualsevol de les seves modalitats, com ara centres de l'administració pública, bancs, despatxos professionals, oficines, etc.

També es consideren d'aquest ús els *establiments* destinats a altres activitats, quan les seves característiques constructives i funcionals, el risc derivat de l'activitat i les característiques dels ocupants es puguin assimilar a aquest ús millor que a qualsevol altre. Com a exemple d'aquesta assimilació es poden esmentar els consultoris, els centres d'anàlisi clíniques, els ambulatoris, els centres docents en règim de seminari, etc.

---

**Document Bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

---

Les zones d'un *establiment d'ús administratiu* destinades a altres activitats subsidiàries de la principal, com ara cafeteries, menjadors, sales d'actes, etc., han de complir les condicions relatives al seu ús previst.

**Ús aparcament**

Edifici, *establiment* o zona independent o accessòria d'un altre ús principal, destinat a estacionament de vehicles i amb una superfície construïda que excedeixi els 100 m<sup>2</sup>, incloent-hi les dedicades a revisions com ara rentatge, posada a punt, muntatge d'accessoris, comprovació de pneumàtics i fars, etc., que no requereixin la manipulació de productes o d'útils de treball que puguin presentar un risc addicional i que es produeix habitualment en la reparació pròpiament dita. S'exclouen d'aquest ús els aparcaments en espais exteriors de l'entorn dels edificis, encara que les seves places estiguin cobertes.

Dins d'aquest ús, es denominen aparcaments robotitzats aquells en què el moviment dels vehicles, des de l'accés fins a les places d'aparcament, es fa únicament mitjançant sistemes mecànics i sense presència ni intervenció directa de persones, si s'exceptua l'actuació ocasional de personal de manteniment. En els aparcaments esmentats, no cal que es compleixin les condicions d'evacuació que s'estableixen en aquest DB SI, encara que han de disposar dels mitjans d'escapament en cas d'emergència per al personal esmentat que en cada cas consideri adequats l'autoritat de control competent.

**Ús comercial**

Edifici o *establiment* l'activitat principal del qual és la venda de productes directament al públic o la prestació de serveis relacionats amb aquests, incloent-hi tant les botigues i els grans magatzems, que solen constituir un únic *establiment* amb un únic titular, com els centres comercials, els mercats, les galeries comercials, etc.

També es consideren d'*ús comercial* els *establiments* en què es presten directament al públic determinats serveis no necessàriament relacionats amb la venda de productes, però que tenen característiques constructives i funcionals, de risc derivat de l'activitat i també dels ocupants, que es puguin assimilar més a les pròpies d'aquest ús que a les de qualsevol altre. Com a exemples d'això es poden esmentar les bugaderies, els salons de perruqueria, etc.

**Ús docent**

Edifici, *establiment* o zona destinada a docència, en qualsevol dels seus nivells: escoles infantils, centres d'ensenyament primari, secundari, universitari o formació professional. No obstant això, els *establiments* docents que no tinguin la característica pròpia d'aquest ús (bàsicament, el predomini d'activitats en aules d'elevada densitat d'ocupació) s'han d'assimilar a altres usos.

Les zones d'un *establiment d'ús docent* destinades a activitats subsidiàries de la principal, com ara cafeteries, menjadors, sales d'actes, administració, residència, etc., han de complir les condicions relatives al seu ús.

**Ús hospitalari**

Edifici o *establiment* destinat a assistència sanitària amb hospitalització de 24 hores i que està ocupat per persones que, en la seva majoria, són incapaces de cuidar-se per si mateixes, com ara hospitals, clíniques, sanatoris, residències geriàtriques, etc.

Les zones d'aquests edificis o *establiments* destinades a assistència sanitària de caràcter ambulatori (despatxos mèdics, consultes, àrees destinades al diagnòstic i tractament, etc.), i també els centres amb aquest caràcter en exclusiva, han de complir les condicions corresponents a l'*ús administratiu*.

Les zones destinades a usos subsidiaris de l'activitat sanitària, com ara oficines, sales d'actes, cafeteries, menjadors, capelles, àrees de residència del personal o habitacions per a metges de guàrdia, aules, etc., han de complir les condicions relatives al seu ús.

---

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

---

**Ús pública concurrència**

Edifici o *establiment* destinat a algun dels usos següents: cultural (destinats a restauració, espectacles, reunió, esport, esplai, auditoris, joc i similars), religiós i de transport de persones.

Les zones d'un *establiment* de pública concurrència destinades a usos subsidiaris, com ara oficines, aparcament, allotjament, etc., han de complir les condicions relatives al seu ús.

**Ús residencial públic**

Edifici o *establiment* destinat a proporcionar allotjament temporal, regentat per un titular de l'activitat diferent del conjunt dels ocupants i que pot disposar de serveis comuns, com ara neteja, menjador, bugaderia, locals per a reunions i espectacles, esports, etc. S'hi inclouen els hotels, hostals, residències, pensions, apartaments turístics, etc.

Les zones dels establiments d'*ús residencial públic* destinades a altres activitats subsidiàries de la principal, com ara cafeteria, restaurant, sales d'actes, locals per a jocs o espectacles, etc., han de complir les condicions relatives al seu ús.

**Ús residencial habitatge**

Edifici o zona destinada a allotjament permanent, qualsevol que sigui el tipus d'edifici: habitatge unifamiliar, edifici de pisos o d'apartaments, etc.

**Ventilació forçada**

Extracció de fums mitjançant l'ús de ventiladors mecànics.

**Ventilació natural**

Extracció de fums basada en la força ascensional d'aquests a causa de la diferència de densitats entre masses d'aire a diferents temperatures.

**Vestíbul d'independència**

Recinte d'ús exclusiu per a circulació situat entre dos recintes o zones amb la finalitat d'aportar una més gran garantia de compartimentació contra incendis i que únicament pot comunicar amb les zones a independitzar o amb lavabos de planta. Han de complir les condicions següents:

- Les seves parets han de ser EI 120 i les seves portes EI<sub>2</sub> C 30.
- Els *vestíbuls d'independència* de les *escales especialment protegides* no poden ser-ho simultàniament de locals de risc especial i han d'estar ventilats d'acord amb alguna de les alternatives establertes per a les escales esmentades.
- Els que serveixin a un o a diversos locals de risc especial, segons el que estableix l'apartat 2 de la Secció SI 2 o una zona d'*ús aparcament*, no es poden utilitzar en els *recorreguts d'evacuació* de zones diferents de les esmentades.
- La distància mínima entre els contorns de les superfícies escombrades per les portes del vestíbul ha de ser almenys de 0,50 m. En *ús hospitalari*, quan estigui prevista l'evacuació de zones d'hospitalització o de tractament intensiu a través d'un *vestíbul d'independència*, la distància entre dues portes que s'han de travessar consecutivament en l'evacuació ha de ser de 3,5 m com a mínim.
- Les portes d'accés a *vestíbuls d'independència* des de zones d'*ús aparcament* o de risc especial han d'obrir cap a l'interior del vestíbul.

**Zona d'ocupació nul·la**

Zona en què la presència de persones sigui ocasional o bé per a tasques de manteniment, com ara sales de màquines i cambres d'instal·lacions, locals per a material de neteja, determinats magatzems i arxius, lavabos de planta, trasters d'habitatges, etc.

Els punts de les zones esmentades han de complir els límits que s'estableixen per als *recorreguts d'evacuació* fins a les sortides d'aquestes (quan, a més, es tracti de zones de risc especial) o de la planta, però no s'han de prendre en consideració a l'efecte de determinar l'*altura d'evacuació* d'un edifici o el seu nombre d'ocupants.

## Annex B *Temps equivalent d'exposició al foc*

### B.1 Generalitats

- 1 Aquest annex estableix el procediment per obtenir el *temps equivalent d'exposició al foc* que, segons s'indica en SI 6, es pot usar com a alternativa de la durada d'incendi a suportar, tant a efectes estructurals com compartimentadors. El temps equivalent s'obté tenint en compte les característiques geomètriques i tèrmiques del sector i el valor de càlcul de la càrrega de foc.
- 2 En aquest annex també s'indica l'expressió de la *corba normalitzada temps-temperatura* definida en la norma UNE EN 1363:2000 i que s'utilitza com a corba de foc en els mètodes d'obtenció de resistències donats en aquest DB-SI. En la norma (Eurocodi) UNE EN 1991-1-2:2004 s'indiquen altres corbes de foc nominals.

### B.2 Corba normalitzada temps-temperatura

- 1 La *corba normalitzada temps-temperatura* és la corba nominal definida en la norma UNE EN 1363:2000 per representar un model de *foc totalment desenvolupat* en un *sector d'incendi*. Està definida per l'expressió:

$$\Theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1) \quad [^{\circ}\text{C}]; \quad (\text{B.1})$$

on:

$$\begin{array}{ll} \Theta_g & \text{temperatura del gas en el sector} \quad [^{\circ}\text{C}]; \\ t & \text{temps des de l'inici de l'incendi} \quad [\text{min}]. \end{array}$$

La *corba normalitzada temps-temperatura* suposa, aproximadament, les temperatures següents:

Temps t, en minuts	15	30	45	60	90	120	180	240
Temperatura en el sector $\Theta_g$ , en $^{\circ}\text{C}$	740	840	900	950	1000	1050	1100	1150

### B.3 Temps equivalent d'exposició al foc

- 1 Per a elements estructurals de formigó armat, acer, o mixtos es pot prendre com a valor de càlcul del temps equivalent, en minuts:

$$t_{e,d} = k_b \cdot w_f \cdot k_c \cdot q_{f,d} \quad (\text{B.2})$$

on:

$k_b$  coeficient de conversió en funció de les propietats tèrmiques de l'envoltant del sector, que es pot prendre igual a 0,07. L'annex F de la norma UNE EN 1991-1-2:2004 aporta valors més precisos.

$w_f$  coeficient de ventilació en funció de la forma i les dimensions del sector.

$k_c$  coeficient de correcció segons el material estructural (taula B.1).

$q_{f,d}$  valor de càlcul de la densitat de càrrega de foc en funció de l'ús del sector, en  $\text{MJ/m}^2$ , obtinguda segons s'indica en l'apartat B.4.

- 2 El coeficient de ventilació  $w_f$  es calcula així:

$$w_f = (6/H)^{0,3} \cdot [0,62 + 90(0,4 - \alpha_v)^4 / (1 + b_v \alpha_h)] \geq 0,5 \quad [-] \quad (\text{B.3})$$

on:

## Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

$\alpha_v = A_v/A_f$  relació entre la superfície de les obertures en façana i la superfície del terra del sector, amb els límits  $0,025 < \alpha_v < 0,25$  (B.4)

$\alpha_h = A_h/A_f$  relació entre la superfície de les obertures al sostre,  $A_h$ , i la superfície construïda del terra del sector

$b_v = 12,5 (1 + 10 \alpha_v - \alpha_v^2) \geq 10$  (B.5)

H altura del sector d'incendi [m]

Per a sectors petits ( $A_f < 100 \text{ m}^2$ ), sense obertures al sostre, el coeficient  $w_f$  es pot calcular aproximadament com:

$w_f = O^{-1/2} \cdot A_f/A_t$  (B.6)

on:

$O = A_v \sqrt{h} / A_t$  coeficient d'obertures amb els límits  $0,02 \leq O \leq 0,20 \text{ [m}^{1/2}\text{]}$ ;

$A_t$  superfície total de l'envoltant del sector (parets, terra i sostre), incloent-hi obertures [ $\text{m}^2$ ];

h altura mitjana dels buits verticals [m]

Com a obertures en façana o en sostre s'han de considerar els buits, les lluernes, les finestres (practicables o no), les superfícies envidriades i, en general, qualsevol zona susceptible de facilitar l'entrada d'aire a la zona en què es desenvolupi l'incendi.

De manera simplificada, per a casos de sectors d'una sola planta amb obertures únicament en façana, el coeficient de ventilació  $w$  en funció de l'altura de la planta i de la superfície d'aquestes obertures respecte de la superfície en planta del sector, es pot prendre com:

Coeficient de ventilació  $w$

Altura de planta (m)	Superfície relativa de buits en façana				
	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
2,5	2,6	1,8	1,3	1,0	0,9
3,0	2,4	1,7	1,2	0,9	0,8
3,5	2,3	1,6	1,1	0,9	0,8
4,0	2,2	1,5	1,1	0,9	0,8

3 Els valors del coeficient de correcció  $k_c$  es prenen de la taula següent:

Taula B.1. Valors de  $k_c$  segons el material estructural

Material de la secció transversal	$k_c$
Formigó armat	1,0
Acer protegit	1,0
Acer sense protegir	13,7·0

#### B.4 Valor de càlcul de la densitat de càrrega de foc

1 El valor de càlcul de la densitat de càrrega de foc es determina en funció del valor característic de la càrrega de foc del sector, i també de la probabilitat d'activació i de les previsibles conseqüències de l'incendi, com:

$q_{f,d} = q_{f,k} m \delta_{q1} \delta_{q2} \delta_n \delta_c$  (B.7)

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

on:

- $q_{f,k}$  valor característic de la *densitat de càrrega de foc*, segons B.5;
- $m$  coeficient de combustió que té en compte la fracció del combustible que crema en l'incendi. En els casos en què el material incendiats sigui de tipus cel·lulòsic (fusta, paper, teixits, etc.), es pot prendre  $m=0,8$ . Quan es tracti d'un altre tipus de material i no se'n conegui el coeficient de combustió, es pot prendre  $m=1$  del costat de la seguretat.
- $\delta_{q1}$  coeficient que té en compte el risc d'iniciació a causa de les dimensions del sector,
- $\delta_{q2}$  coeficient que té en compte el risc d'iniciació a causa del tipus d'ús o activitat;
- $\delta_n$  coeficient que té en compte les mesures actives voluntàries existents,  $\delta_n = \delta_{n,1} \delta_{n,2} \delta_{n,3}$
- $\delta_c$  coeficient de correcció segons les conseqüències de l'incendi.

- 2 Els valors de  $\delta_{q1}$  es donen a la taula B.2, i es poden obtenir valors intermedis per interpolació lineal.

**Taula B.2. Valors del coeficient  $\delta_{q1}$  pel risc d'iniciació a causa de les dimensions del sector**

Superfície del sector $A_f$ [ $m^2$ ]	Risc d'iniciació $\delta_{q1}$
<20	1,00
25	1,10
250	1,50
2 500	1,90
5 000	2,00
>10 000	2,13

- 3 Els valors de  $\delta_{q2}$  es poden obtenir de la taula B.3.

**Taula B.3. Valors del coeficient  $\delta_{q2}$  pel risc d'iniciació a causa de l'ús o activitat**

Activitat	Risc d'iniciació $\delta_{q2}$
Habitatge, administratiu, residencial, docent	1,00
Comercial, garatge, hospitalari.	1,25
Sectors de risc especial baix	1,25
Sectors de risc especial mitjà	1,40
Sectors de risc especial alt	1,60

- 4 Els valors de  $\delta_{n,i}$  es poden obtenir de la taula B.4.

**Taula B.4. Valors dels coeficients  $\delta_{n,i}$  segons les mesures actives voluntàries existents**

Detecció automàtica $\delta_{n,1}$	Alarma automàtica a bombers $\delta_{n,2}$	Extinció automàtica $\delta_{n,3}$
0,87	0,87	0,61

- 5 Els valors de  $\delta_c$  es poden obtenir de la taula B.5. En el cas d'edificis en què no sigui admissible que puguin quedar fora de servei o en què hi pugui haver un nombre elevat de víctimes en cas d'incendi, com és el cas dels hospitals, els valors indicats s'han de multiplicar per 1,5.

**Taula B.5. Valors de  $\delta_c$  per les possibles conseqüències de l'incendi, segons l'altura d'evacuació de l'edifici**

Altura d'evacuació	$\delta_c$
Edificis amb altura d'evacuació descendent de més de 28 m o ascendent de més d'una planta.	2,0
Edificis amb altura d'evacuació descendent entre 15 i 28 m o ascendent fins a 2,8 m.	
Garatges sota altres usos.	1,5
Edificis amb altura d'evacuació descendent de menys de 15 m	1,0



### B.5 Valor característic de la densitat de càrrega de foc

- 1 El valor característic de la densitat de càrrega de foc,  $q_{f,k}$ , s'obté sumant el valor característic de la càrrega de foc permanent, estimat pel seu valor mitjà o esperat, i el valor característic de la càrrega de foc variable, estimat com el valor que només és sobrepassat en un 20% dels casos.
- 2 La càrrega de foc permanent correspon als revestiments i altres elements combustibles permanents inclosos en projecte. Es pot obtenir a partir dels valors específics aportats pel fabricant de cada producte o, si no n'hi ha, a partir de taules de valors per a materials genèrics.
- 3 La càrrega de foc variable es pot avaluar element a element, segons el que s'indica en la norma UNE EN 1991-1-2: 2004; en aquest cas, es poden tenir en compte les càrregues protegides, o bé es poden obtenir a la taula B.6, per a zones que no presentin acumulacions de càrrega de foc més grans que les pròpies de l'ús previst, com és el cas de zones d'emmagatzematge, arxius intensius de documentació, dipòsits de llibres, etc.<sup>(1)</sup>

**Taula B.6. Càrregues de foc característiques segons l'ús previst**

	Valor característic [MJ/m <sup>2</sup> ]
Comercial <sup>(1)</sup>	730
Residencial habitatge	650
Hospitalari / Residencial públic	280
Administratiu	520
Docent	350
Pública concurrència (teatres, cines)	365
Garatge	280

<sup>(1)</sup> Per a locals comercials, el valor indicat és el mínim que s'ha de considerar, si no és previsible un ús amb càrrega de foc especialment elevada.

<sup>(1)</sup> En el Reglament de seguretat contra incendis en els establiments industrials, s'indiquen càrregues de foc mitjanes per a algunes activitats especials, com també per a ús comercial i per a magatzems. El valor característic es pot obtenir multiplicant el valor esmentat per 1,6.

## Annex C. Resistència al foc de les estructures de formigó armat

### C.1 Generalitats

- 1 En aquest annex s'estableixen mètodes simplificats i taules que permeten determinar la resistència dels elements de formigó davant l'acció representada per la *corba normalitzada temps-temperatura*.
- 2 Els elements estructurals s'han de dissenyar de manera que, davant l'escrostonament (*spalling*) del formigó, la fallada per ancoratge o per pèrdua de capacitat de gir tingui una menor probabilitat d'aparició que la fallada per flexió, per esforç tallant o per càrregues axials.

### C.2 Taules

#### C.2.1 Generalitats

- 1 Mitjançant les taules i els apartats següents es pot obtenir la resistència dels elements estructurals a l'acció representada per la *corba normalitzada temps-temperatura* dels elements estructurals, en funció de les seves dimensions i de la distància mínima equivalent a l'eix de les armadures.
- 2 Per a aplicació de les taules, es defineix com a distància mínima equivalent a l'eix  $a_m$ , als efectes de resistència al foc, al valor

$$a_m = \frac{\sum [A_{si} f_{yki} (a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} f_{yki}} \quad (C.1)$$

on:

$A_{si}$  àrea de cadascuna de les armadures  $i$ , passiva o activa;

$a_{si}$  distància de l'eix de cadascuna de les armadures  $i$ , al parament exposat més pròxim, considerant els revestiments en les condicions que s'estableixen més endavant;

$f_{yki}$  resistència característica de l'acer de les armadures  $i$ ;

$\Delta a_{si}$  correcció deguda a les diferents temperatures crítiques de l'acer i a les condicions particulars d'exposició al foc, d'acord amb els valors de la taula C.1.

Taula C.1. Valors de  $\Delta a_{si}$  (mm)

$\mu_{fi}$	Acer d'armar		Acer de pretesar			
	Bigues <sup>(1)</sup> i lloses (forjats)	Resta dels casos	Bigues <sup>(1)</sup> i lloses (forjats) Barres	Filferros	Resta dels casos Barres Filferros	
$\leq 0,4$	+10		0	-5		
0,5	+5	0	-5	-10	-10	-15
0,6	0		-10	-15		

<sup>(1)</sup> En el cas d'armadures situades a les cantonades de bigues amb una sola capa d'armadura s'han de disminuir els valors de  $\Delta a_{si}$  en 10 mm, quan l'ample d'aquestes sigui inferior als valors de  $b_{min}$  especificats en la columna 3 de la taula C.3.

on  $\mu_{fi}$  és el coeficient de sobredimensionament de la secció en estudi, definit en l'apartat 6 del SI6. Les correccions per a valors de  $\mu_{fi}$  inferiors a 0,6 en bigues, lloses i forjats, només es poden considerar quan els elements esmentats estiguin sotmesos a càrregues distribuïdes de manera sensiblement uniforme. Per a valors intermedis es pot interpolar linealment.

- 3 Els valors donats a les taules següents són aplicables a formigons de densitat normal, confeccionats amb àrids de naturalesa silícia. Quan s'utilitzin formigons amb àrids de naturalesa calcària, en bigues, lloses i forjats, es pot admetre una reducció d'un 10% tant en les dimensions de la secció recta com en la distància equivalent a l'eix mínimes.

## Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

- 4 En zones traccionades amb recobriments de formigó superiors a 50 mm, s'ha de disposar d'una armadura de pell per prevenir el despreniment d'aquest formigó durant el període de resistència al foc, consistent en una malla amb distàncies inferiors a 150 mm entre armadures (en les dues direccions), ancorada regularment en la massa de formigó.

**C.2.2 Suports i murs**

- 1 Mitjançant la taula C.2 es pot obtenir la resistència al foc dels suports exposats per tres o quatre cares i dels murs portants de secció estricta exposats per una o per les dues cares, referida a la distància mínima equivalent a l'eix de les armadures de les cares exposades.
- 2 Per a resistències al foc més grans que R 90 i quan l'armadura del suport sigui superior al 2% de la secció de formigó, aquesta armadura s'ha de distribuir a totes les seves cares. Aquesta condició no es refereix a les zones de cavalcament d'armadura.

Taula C.2. Elements a compressió

Resistència al foc	Costat menor o gruix $b_{\min}$ / Distància mínima equivalent a l'eix $a_m$ (mm) <sup>(1)</sup>		
	Suports	Mur de càrrega exposat per una cara	Mur de càrrega exposat per les dues cares
R 30	150 / 15 <sup>(2)</sup>	100 / 15 <sup>(3)</sup>	120 / 15
R 60	200 / 20 <sup>(2)</sup>	120 / 15 <sup>(3)</sup>	140 / 15
R 90	250 / 30	140 / 20 <sup>(3)</sup>	160 / 25
R 120	250 / 40	160 / 25 <sup>(3)</sup>	180 / 35
R 180	350 / 45	200 / 40 <sup>(3)</sup>	250 / 45
R 240	400 / 50	250 / 50 <sup>(3)</sup>	300 / 50

<sup>(1)</sup> Els recobriments per exigències de durabilitat poden requerir valors superiors.

<sup>(2)</sup> Els suports executats en obra han de tenir, d'acord amb la Instrucció EHE, una dimensió mínima de 250 mm.

<sup>(3)</sup> La resistència al foc aportada es pot considerar REI.

- 3 Si l'element està sotmès a tracció s'ha de comprovar com a element d'acer revestit.

**C.2.3 Bigues**

- 1 Per a bigues de secció d'ample variable es considera com a amplada mínima  $b$  la que hi ha a l'altura del centre de gravetat mecànic de l'armadura traccionada a la zona exposada, segons el que s'indica a la figura C.1.

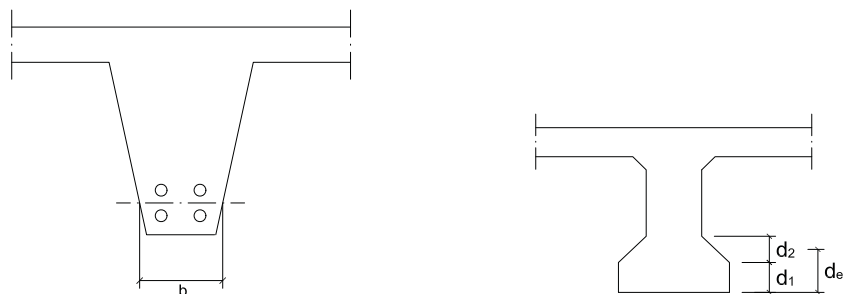


Figura C.1. Dimensions equivalents en cas d'ample variable al cantell

- 2 Per a bigues doble T, el cantell de l'ala inferior ha de ser més gran que la dimensió que s'estableixi com a ample mínim. Quan el cantell de l'ala inferior sigui variable, es considera, als efectes d'aquesta comprovació, el que s'indica a la figura  $d_{ef} = d_1 + 0,5d_2$ .

**C.2.3.1 Bigues amb les tres cares exposades al foc**

- 1 Mitjançant la taula C.3 es pot obtenir la resistència al foc de les seccions de bigues sustentades als extrems amb tres cares exposades al foc, referida a la distància mínima equivalent a l'eix de l'armadura inferior traccionada.

## Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

Taula C.3. Bigues amb tres cares exposades al foc<sup>(1)</sup>

Resistència al foc normalitzat	Dimensió mínima $b_{\min}$ / Distància mínima equivalent a l'eix $a_m$ (mm)				Amplada mínima <sup>(2)</sup> de l'ànima $b_{0,\min}$ (mm)
	Opció 1	Opció 2	Opció 3	Opció 4	
R 30	80 / 20	120 / 15	200 / 10	-	80
R 60	100 / 30	150 / 25	200 / 20	-	100
R 90	150 / 40	200 / 35	250 / 30	400 / 25	100
R 120	200 / 50	250 / 45	300 / 40	500 / 35	120
R 180	300 / 75	350 / 65	400 / 60	600 / 50	140
R 240	400 / 75	500 / 70	700 / 60	-	160

<sup>(1)</sup> Els recobriments per exigències de durabilitat poden requerir valors superiors.

<sup>(2)</sup> S'ha de donar en una longitud igual a dues vegades el cantell de la biga, a cada costat dels elements de sustentació de la biga.

- Per a una resistència al foc R 90 o més gran, l'armadura de negatius de bigues contínues s'ha de prolongar fins al 33% de la longitud del tram amb una quantia no inferior al 25% de la requerida als extrems.

## C.2.3.2 Bigues exposades a totes les seves cares

- En aquest cas, s'ha de verificar, a més de les condicions de la taula C.3, que l'àrea de la secció transversal de la biga no sigui inferior a  $2(b_{\min})^2$ .

## C.2.3.3 Lloses massisses

- Mitjançant la taula C.4 es pot obtenir la resistència al foc de les seccions de les lloses massisses, referida a la distància mínima equivalent a l'eix de l'armadura inferior traccionada. Si la llosa ha de complir una funció de compartimentació d'incendis (criteris R, E i I), el seu gruix ha de ser almenys el que s'estableix a la taula, però quan es requereixi únicament una funció resistent (criteri R) n'hi ha prou que el gruix sigui el necessari per complir els requisits del projecte a temperatura ambient. A aquest efecte, es pot considerar com a gruix l'enrajolat o qualsevol altre element que mantingui la seva funció aïllant durant tot el període de *resistència al foc*.

Taula C.4. Lloses massisses

Resistència al foc	Gruix mínim $h_{\min}$ (mm)	Distància mínima equivalent a l'eix $a_m$ (mm) <sup>(1)</sup>		
		Flexió en una direcció	Flexió en dues direccions	
			$I_y/I_x$ <sup>(2)</sup> ≤ 1,5	$1,5 < I_y/I_x$ <sup>(2)</sup> ≤ 2
REI 30	60	10	10	10
REI 60	80	20	10	20
REI 90	100	25	15	25
REI 120	120	35	20	30
REI 180	150	50	30	40
REI 240	175	60	50	50

<sup>(1)</sup> Els recobriments per exigències de durabilitat poden requerir valors superiors.

<sup>(2)</sup>  $I_x$  i  $I_y$  són les llums de la llosa, on  $I_y > I_x$ .

- Per a lloses massisses sobre suports lineals i en els casos de resistència al foc R 90 o més gran, l'armadura de negatius s'ha de prolongar un 33% de la longitud del tram amb una quantia no inferior a un 25% de la requerida en extrems sustentats.
- Per a lloses massisses sobre suports puntuals i en els casos de resistència al foc R 90 o més gran, el 20% de l'armadura superior sobre suports s'ha de prolongar al llarg de tot el tram.
- Les bigues planes amb massissats laterals més grans que 10 cm es poden assimilar a lloses unidireccionals.

## C.2.3.4 Forjats bidireccionals amb cassetons recuperables

- Mitjançant la taula C.5 es pot obtenir la resistència al foc de les seccions dels forjats nervats bidireccionals, referida a l'ample mínim de nervi i a la distància mínima equivalent a l'eix de l'armadura inferior traccionada. Si el forjat ha de complir una funció de compartimentació d'incendis (criteris R, E i I), el seu gruix ha de ser almenys el que s'estableix en la taula, però quan es requereixi únicament una funció resistent (criteri R) n'hi ha prou que el gruix sigui el necessari per complir els requisits del projecte a temperatura ambient. A aquest efecte, es pot considerar com a gruix l'enrajolat o qualsevol altre element que mantingui la seva funció aïllant durant tot el període de *resistència al foc*.

## Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

Taula C.5 Forjats bidireccionals amb cassetons recuperables

Resistència al foc	Amplada de nervi mínim $b_{\min}$ / Distància mínima equivalent a l'eix $a_m$ <sup>(1)</sup> (mm)			Gruix mínim $h_{\min}$ (mm)
	Opció 1	Opció 2	Opció 3	
REI 30	80 / 20	120 / 15	200 / 10	60
REI 60	100 / 30	150 / 25	200 / 20	70
REI 90	120 / 40	200 / 30	250 / 25	80
REI 120	160 / 50	250 / 40	300 / 35	100
REI 180	200 / 70	300 / 60	400 / 55	120
REI 240	250 / 90	350 / 75	500 / 70	150

<sup>(1)</sup> Els recobriments per exigències de durabilitat poden requerir valors superiors.

- En lloses nervades sobre suports puntuals i en els casos de resistència al foc R 90 o més gran, el 20% de l'armadura superior sobre suports s'ha de distribuir en tota la longitud de l'obertura, a la banda de suports (vegeu EHE, 2.2.4.2.). Si la llosa nervada es disposa sobre suports lineals, l'armadura de negatius s'ha de prolongar un 33% de la longitud de l'obertura amb una quantia no inferior a un 25% de la requerida en suports.

### C.2.3.5 Forjats unidireccionals

- Si els forjats disposen d'elements d'entrebigat ceràmics o de formigó i revestiment inferior, per a resistència al foc R 120 o menor n'hi ha prou que es compleixi el valor de la distància mínima equivalent a l'eix de les armadures establert per a lloses massisses a la taula C.4, i es poden comptabilitzar, a l'efecte de la distància esmentada, els gruixos equivalents de formigó amb els criteris i les condicions indicats a l'apartat C.2.4.(2). Si el forjat té funció de compartimentació d'incendi ha de complir així mateix el gruix  $h_{\min}$  establert a la taula C.4.
- Per a una resistència al foc R 90 o més gran, l'armadura de negatius de forjats continus s'ha de prolongar fins al 33% de la longitud del tram amb una quantia no inferior al 25% de la requerida als extrems.
- Per a resistències al foc més grans que R 120, o bé quan els elements d'entrebigat no siguin de ceràmica o de formigó, o bé no s'hagi disposat cap revestiment inferior, s'han de complir les especificacions establertes per a bigues amb les tres cares exposades al foc a l'apartat C.2.3.1. Als efectes del gruix de la llosa superior de formigó i de l'amplada de nervi, es poden tenir en compte els gruixos de l'enrajolat i de les peces d'entrebigat que mantinguin la seva funció aïllant durant el període de resistència al foc, el qual es pot suposar, en absència de dades experimentals, igual a 120 minuts. Els revoltos ceràmics es poden considerar com a gruixos addicionals de formigó equivalents a dues vegades el gruix real del revoltó.

### C.2.4 Capes protectores

- La *resistència al foc* requerida es pot assolir mitjançant l'aplicació de capes protectores la contribució de les quals a la resistència al foc de l'element estructural protegit s'ha de determinar d'acord amb la norma UNE ENV 13381-3: 2004.
- Per a resistències al foc R 120 com a màxim, els revestiments de guix es poden considerar com a gruixos addicionals de formigó equivalents a 1,8 vegades el seu gruix real. Quan s'apliquin a sostres, per a resistències al foc R 90 com a màxim es recomana que la seva posada en obra es faci per projecció, mentre que per a valors R 120 o més grans això és necessari, i a més cal disposar d'un armat intern no combustible fermament unit a la bigueta. Aquestes especificacions no són vàlides per a revestiments amb plaques de guix.

## C.3 Mètode simplificat de la isoterma 500

### C.3.1 Camp d'aplicació

- Aquest mètode és aplicable a elements de formigó armat i pretensat, sol·licitats per esforços de compressió, flexió o flexocompressió.

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

- 2 Per poder aplicar aquest mètode, la dimensió del costat menor de les bigues o suports exposats pel costat esmentat i els contigus ha de ser més gran que la indicada en la taula C.6.

**Taula C.6 Dimensió mínima de bigues i suports**

<b>Resistència a foc normalitzat</b>	<b>R 60</b>	<b>R 90</b>	<b>R 120</b>	<b>R 180</b>	<b>R 240</b>
Dimensió mínima de la secció recta (mm)	90	120	160	180	200

**C.3.2 Determinació de la capacitat resistent de càlcul de la secció transversal**

- 1 La comprovació de la capacitat portant d'una secció de formigó armat es fa pels mètodes establerts en la instrucció EHE, considerant:
  - a) una secció reduïda de formigó, obtinguda eliminant a l'efecte de càlcul per determinar la capacitat resistent de la secció transversal, les zones que hagin assolit una temperatura superior als 500°C durant el període de temps considerat;
  - b) que les característiques mecàniques del formigó de la secció reduïda no es veuen afectades per la temperatura, conservant els seus valors inicials quant a resistència i mòdul d'elasticitat;
  - c) que les característiques mecàniques de les armadures es redueixen d'acord amb la temperatura que hagi assolit el seu centre durant el temps de resistència al foc considerat. S'han de considerar totes les armadures, fins i tot les que quedin situades fora de la secció transversal reduïda de formigó.
- 2 La comprovació de bigues o lloses secció a secció resulta del costat de la seguretat. Un procediment més afinat és, a través del mètode de l'apartat C.3, comprovar que, en situació d'incendi, la capacitat residual a moments de cada signe del conjunt de les seccions equilibra la càrrega.

**C.3.3 Reducció de les característiques mecàniques**

- 1 La resistència dels materials es redueix, en funció de la temperatura que s'assoleixi a cada punt, a la fracció del seu valor característic indicada en la taula C.7:

**Taula C.7 Reducció relativa de la resistència amb la temperatura**

<b>Temperatura (°C)</b>		<b>100</b>	<b>200</b>	<b>300</b>	<b>400</b>	<b>500</b>	<b>600</b>	<b>700</b>	<b>800</b>	<b>900</b>	<b>1000</b>	<b>1200</b>
<b>Formigó</b>	Silici	1,00	0,95	0,85	0,75	0,60	0,45	0,30	0,15	0,08	0,04	0,00
	Calçari	1,00	0,97	0,91	0,85	0,74	0,60	0,43	0,27	0,15	0,06	0,00
<b>Acer d'armar</b>	Laminat en calent	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78	0,47	0,23	0,11	0,06	0,04	0,00
	Estirat en fred	1,00	1,00	1,00	0,94	0,67	0,40	0,12	0,11	0,08	0,05	0,00
<b>Acer de pre-tesar</b>	Estirat en fred	0,99	0,87	0,72	0,46	0,22	0,10	0,08	0,05	0,03	0,00	0,00
	Refrigerat i temperat	0,98	0,92	0,86	0,69	0,26	0,21	0,15	0,09	0,04	0,00	0,00

**C.3.4 Isotermes**

- 1 Les temperatures en una estructura de formigó exposada al foc es poden obtenir de manera experimental o analítica.
- 2 Les isotermes de les figures d'aquest apartat es poden utilitzar per determinar les temperatures en la secció recta amb formigons d'àrids silicis i exposades a foc segons la corba normalitzada fins a l'instant de màxima temperatura. Aquestes isotermes queden del costat de la seguretat per a la majoria de tipus d'àrids, però no de manera generalitzada per a exposicions a un foc diferent del normalitzat.

Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

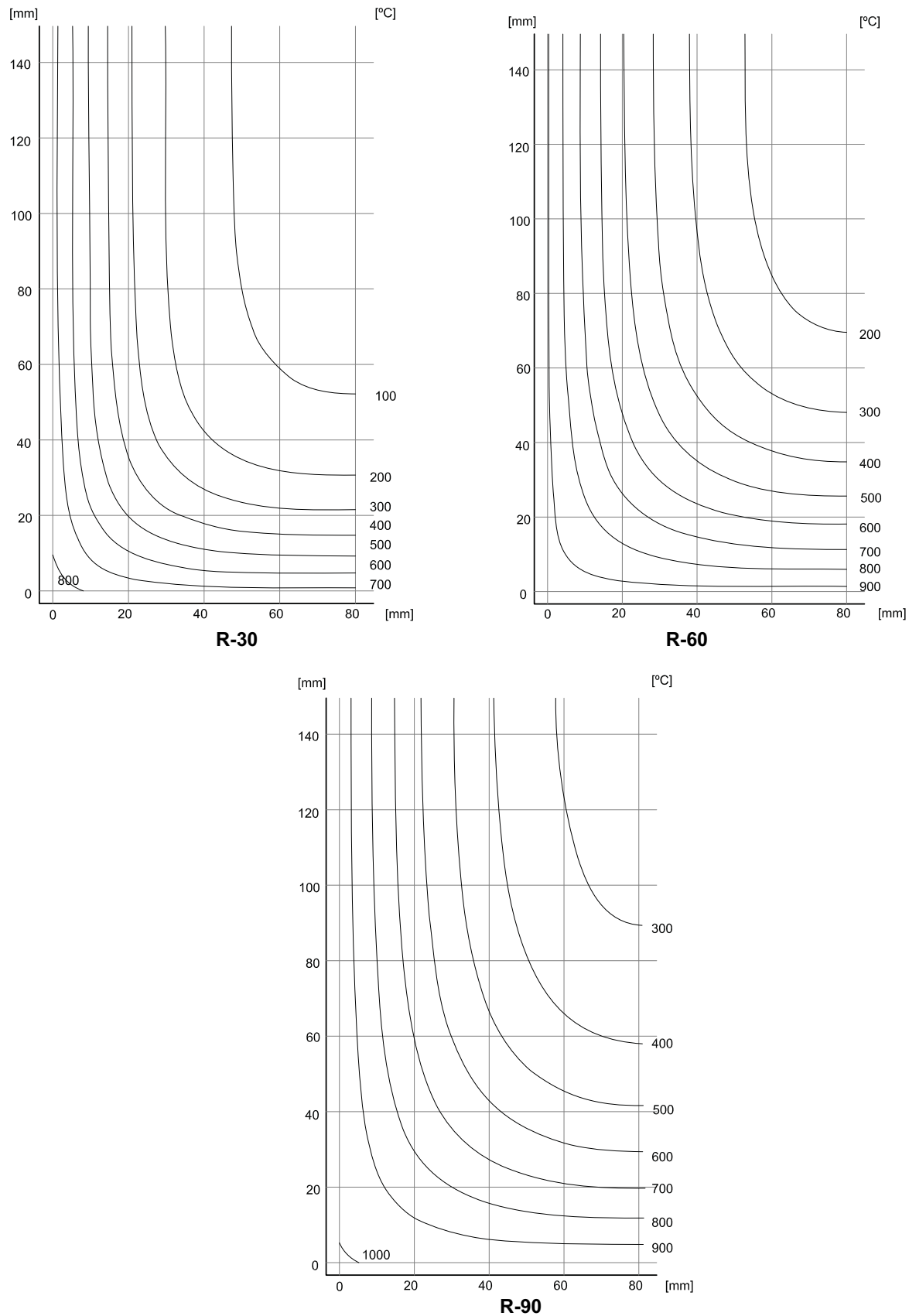


Figura C.3. Isothermes per a quarts de secció de 300 x 160 mm exposats per les dues cares

Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

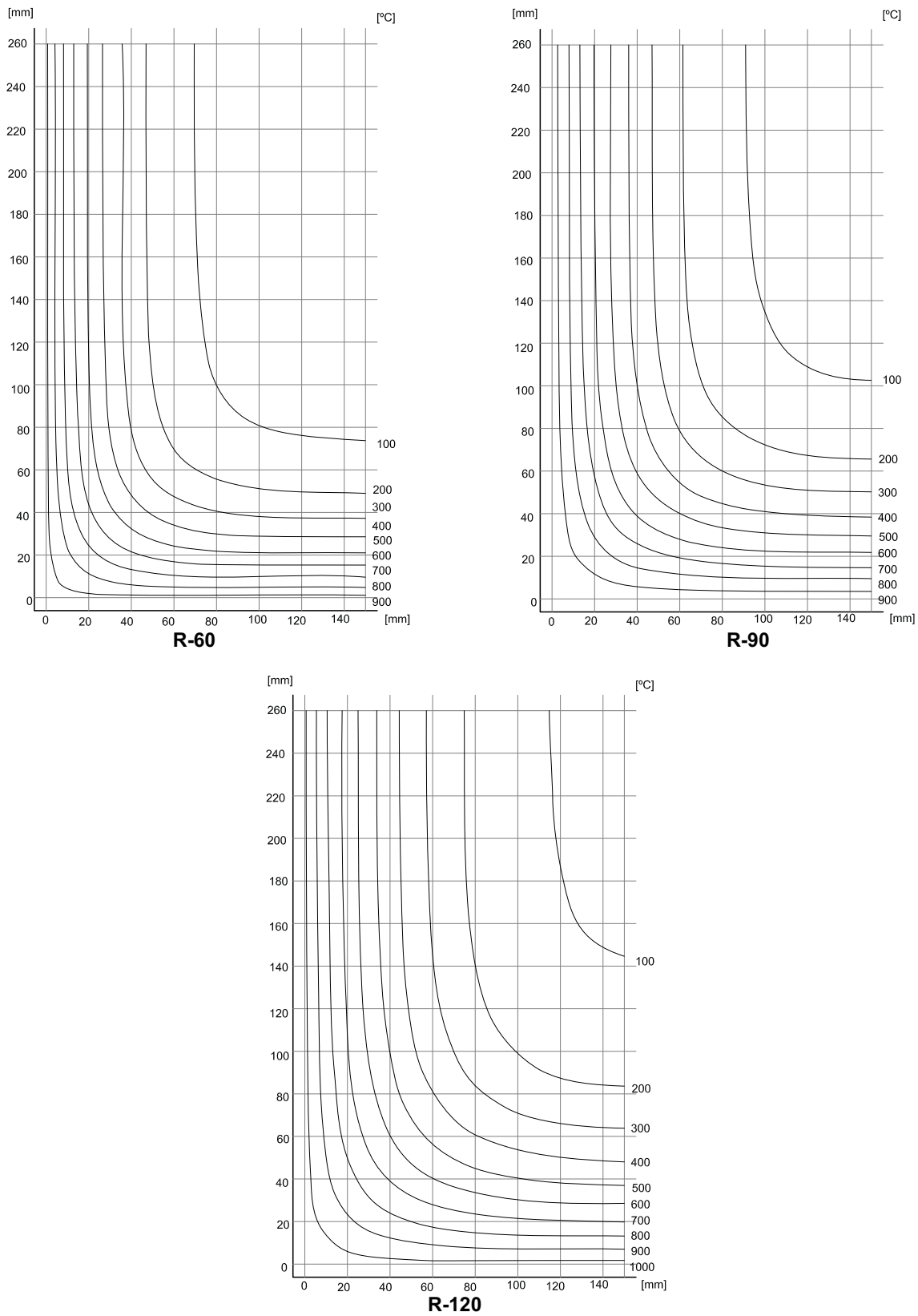


Figura C.4. Isotermes per a quarts de secció de 600 x 300 mm exposats per les dues cares



Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

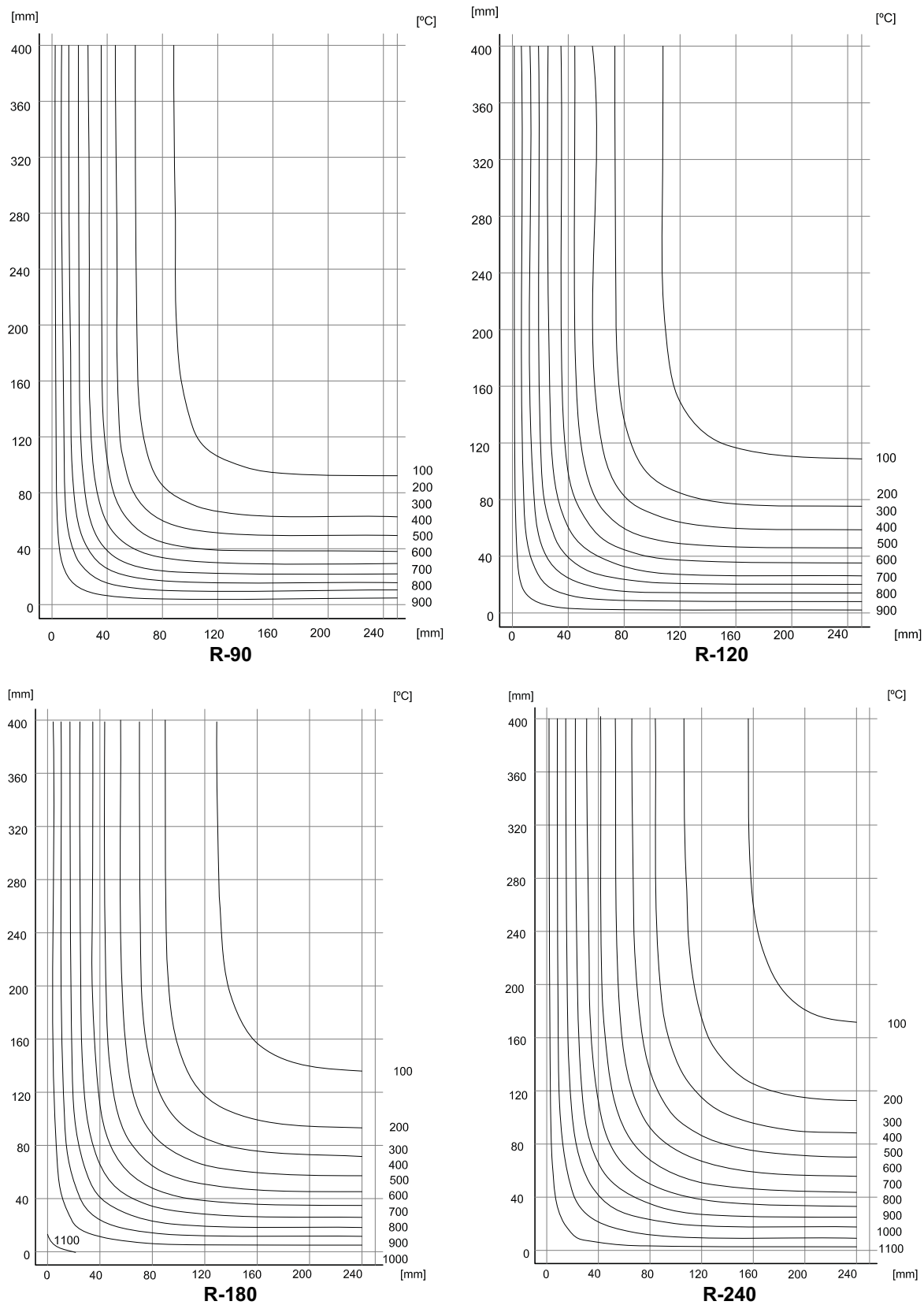


Figura C.5. Isothermes per a quarts de secció de 800 x 500 mm exposats per les dues cares

Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

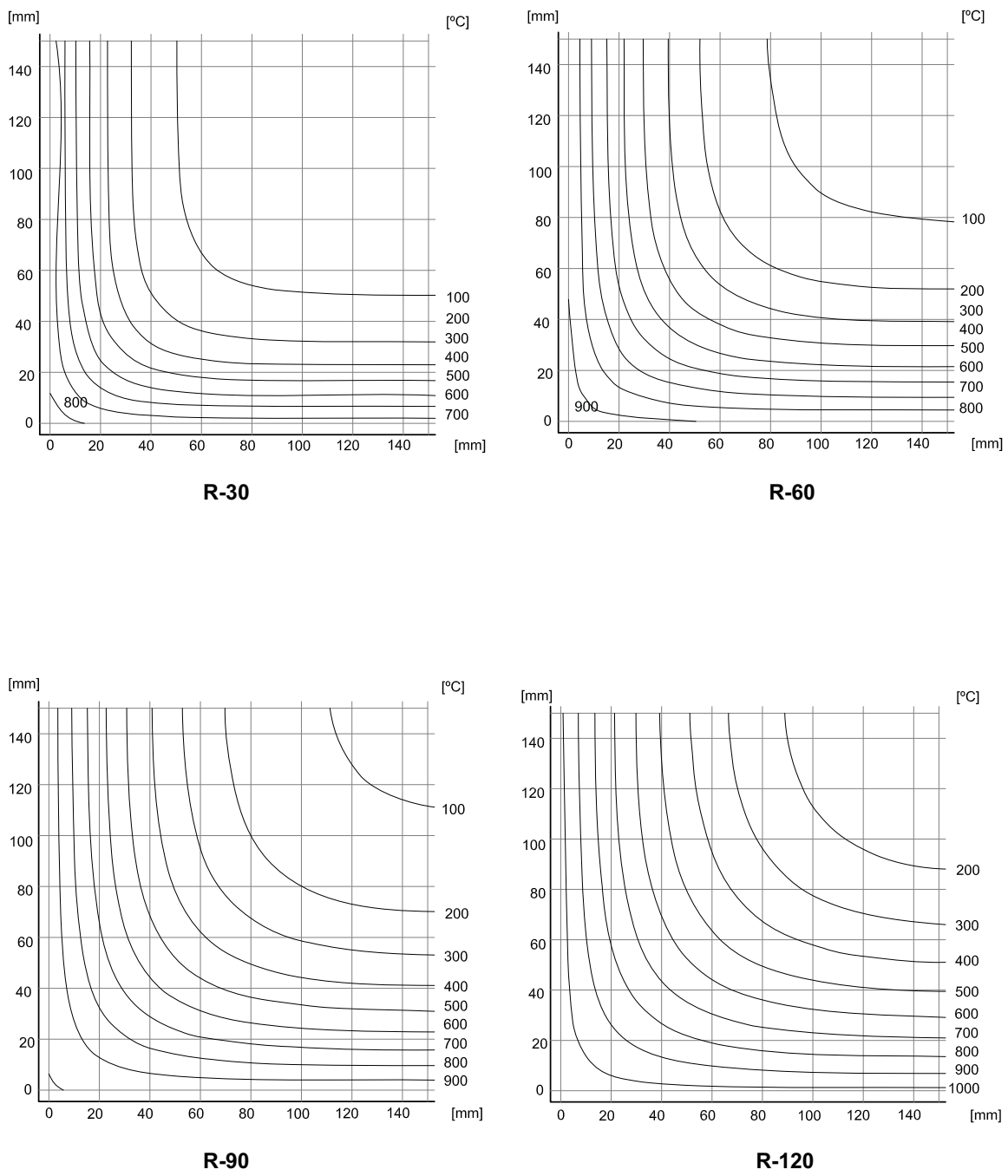
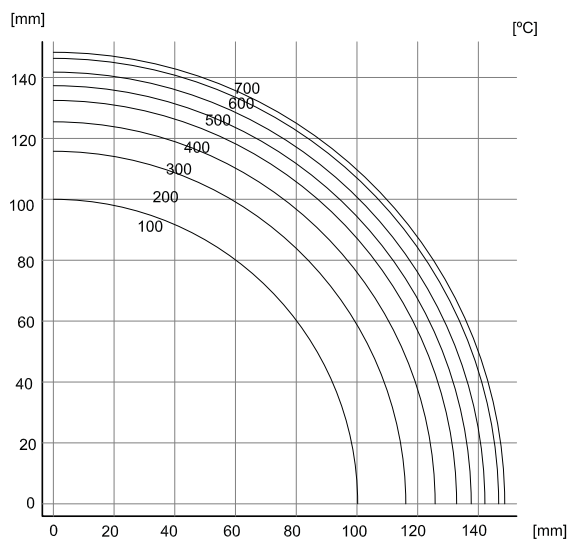
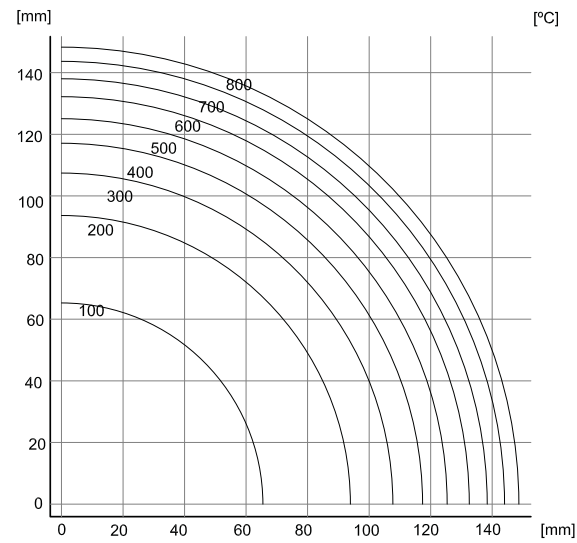


Figura C.6. Isothermes per a quarts de secció de 300 x 300 mm exposats per les dues cares

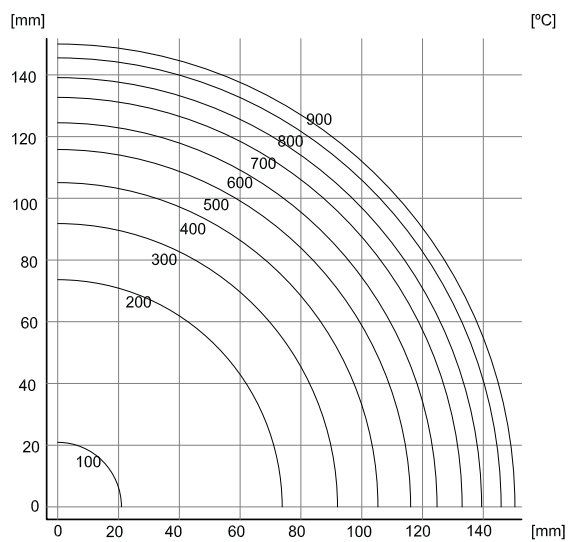
Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi



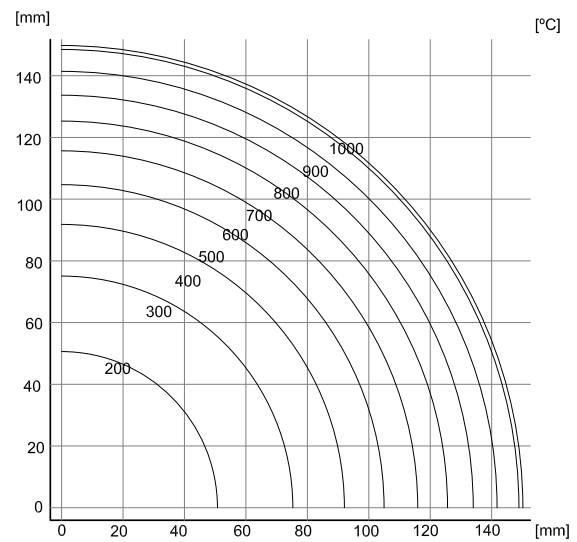
R-30



R-60



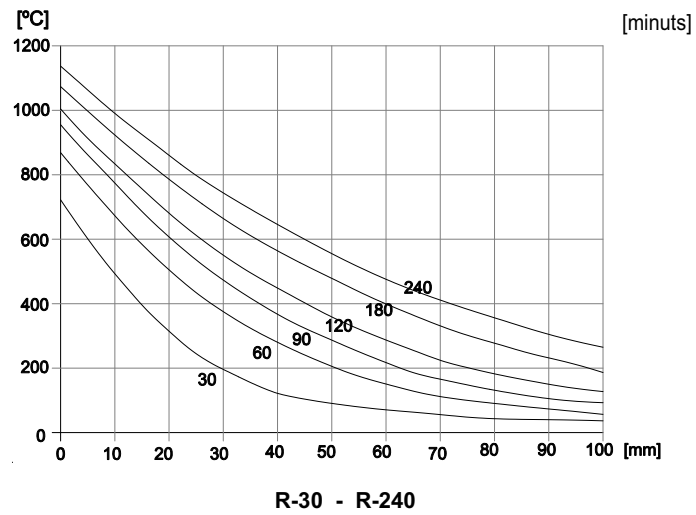
R-90



R-120

Figura C.7. Isothermes d'un quart de secció circular de 300 mm de diàmetre exposada perimetralment

## Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

Figura C.8. Distribució de temperatures en el gruix de seccions planes exposades per una cara  $h \geq 200$  mm

## Annex D Resistència al foc dels elements d'acer

### D.1 Generalitats

- 1 En aquest annex s'estableix un mètode simplificat que permet determinar la resistència dels elements d'acer davant l'acció representada per la *corba normalitzada temps-temperatura*.
- 2 En l'anàlisi de l'element es pot considerar que les coaccions en els suports i extrems d'aquest en situació de càlcul enfront de foc no varien respecte a les que es produeixen a temperatura normal.
- 3 S'admet que la classe de les seccions transversals en situació de càlcul enfront del foc és la mateixa que a temperatura normal.
- 4 En elements amb seccions de paret prima (classe 4), la temperatura de l'acer en totes les seccions transversals no ha de superar els 350 °C.
- 5 Quant a la resistència al foc dels elements d'acer revestits amb productes de protecció amb marcatge CE, els valors de protecció que aquests aporten han de ser els avalats pel marcatge esmentat.

### D.2 Mètode simplificat de càlcul

#### D.2.1 Bigues i tirants

- 1 Mitjançant la taula D.1 es pot dimensionar la protecció enfront del foc de bigues travades lateralment o tirants per a una determinada *resistència al foc*, on:

$\mu_{fi}$  coeficient de sobredimensionament, definit en SI 6.

$A_m/V$  factor de forma, on:

$A_m$  superfície exposada al foc de l'element per unitat de longitud, la de l'element si no està protegit o la de la cara interior de la protecció si està revestit. Es considera únicament la del contorn exposat en el *sector d'incendi* analitzat.

$V$  volum de l'element d'acer per unitat de longitud.

Per a elements de secció constant,  $A_m/V$  és igual al quocient entre el perímetre exposat i l'àrea de la secció transversal

$d/\lambda_p$  coeficient d'aïllament del revestiment ( $m^2K/W$ ), obtingut com a mitjana de les cares exposades al foc, on:

$d$  gruix del revestiment [m];

$\lambda_p$  conductivitat tèrmica efectiva del revestiment, per al desenvolupament total del temps de resistència a foc considerat ( $W/mk$ ).

En materials de tipus petri, ceràmic, formigons, morters i guixos, es pot prendre el valor de  $\lambda_p$  corresponent a 20 °C.

## Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

Taula D.1. Coeficient de protecció,  $d/\lambda_p$  ( $m^2K/W$ ) de bigues i tirants

Temps estàndard de resistència al foc	Factor de forma $A_m/V$ ( $m^{-1}$ )	Coeficient de sobredimensionament $>\mu_{fi}$		
		$0,70 >\mu_{fi} \geq 0,60$	$0,60 >\mu_{fi} \geq 0,50$	$0,50 >\mu_{fi} \geq 0,40$
R 30	30		0,00 <sup>(1)</sup>	0,00 <sup>(1)</sup>
	50	0,05	0,05	0,05
	100			
	150			
	200	0,10	0,10	0,10
	250			
300				
R 60	30	0,05	0,05	0,05
	50	0,10	0,10	0,10
	100			
	150			
	200	0,15	0,15	0,15
	250			
300				
R 90	30	0,05	0,05	0,05
	50	0,15	0,10	0,10
	100		0,15	0,15
	150			
	200	0,20	0,20	0,15
	250			
300				
R 120	30	0,10	0,05	0,05
	50	0,10	0,10	0,10
	100	0,15	0,15	0,15
	150	0,20	0,20	0,20
	200			
	250	0,25	0,25	0,25
300				
R 180	30	0,10	0,10	0,10
	50	0,15	0,15	0,15
	100	0,25	0,20	0,20
	150		0,25	0,25
	200	0,30		
	250			
300			0,30	
R 240	30	0,15	0,15	0,10
	50	0,20	0,20	0,15
	100	0,30	0,25	0,25
	150		0,30	0,30
	200	-		
	250			
300				

(1) Perfils d'acer sense revestir

**D.2.2 Suports****D.2.2.1 Suports d'estructures travades**

- 1 En suports d'acer revestits mitjançant elements de fàbrica en tot el contorn exposat al foc, es pot considerar del costat de la seguretat que la *resistència al foc* del suport és, almenys, igual a la *resistència al foc* corresponent a l'element de fàbrica.
- 2 En el cas d'estructures travades en les quals cada sector no compregui més d'una planta i en què la secció del suport s'hagi determinat adoptant com a longitud de vinclament almenys el 0,7 de l'altura entre plantes, la resistència al foc es pot determinar mitjançant la taula D.1.
- 3 En qualsevol cas, en suports de paret no prima (classes 1, 2 o 3), la capacitat resistent de càlcul considerant vinclament d'un element sotmès a flexocompressió es pot verificar, a par-

## Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

tir de les sol·licitacions obtingudes de la combinació d'accions en cas d'incendi, mitjançant les expressions generals de DB-ES-A, usant els valors modificats donats a continuació:

- el límit elàstic es redueix multiplicant-lo pel coeficient  $k_{y,\theta}$  de la taula D.2.
- com a longitud de vinclament es pren, en estructures travades i si el sector d'incendi no comprèn més d'una planta, la meitat de l'altura entre plantes intermèdies, o el 0,7 de l'altura de l'última planta.
- com a corba de vinclament es fa servir la corba  $c$ , amb independència del tipus de secció transversal o el pla de vinclament.
- l'esveltesa reduïda s'incrementa multiplicant-la pel coeficient  $k_{\lambda,\theta}$  de la taula D.2.

**Taula D.2 Valors dels paràmetres mecànics de l'acer en funció de la temperatura**

Temperatura (°C)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200
$k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78	0,47	0,23	0,11	0,06	0,04	0,00
$k_{E,\theta} = E_{s,\theta} / E_s$	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,31	0,13	-	-	-	-
$k_{\lambda,\theta} = \bar{\lambda}_{y,\theta} / \bar{\lambda}$	1,00	1,05	1,11	1,19	1,14	1,23	1,33	-	-	-	-

### D.2.3 Determinació de la temperatura de l'acer

- Per comprovar bigues o suports, en funció de la variació dels paràmetres mecànics de l'acer, establertes a la taula D.2, cal obtenir la temperatura en l'element, mitjançant un càlcul incremental, d'acord amb la variació de la temperatura del sector.
- Per a acer sense revestir, l'increment de temperatura en l'acer,  $\Delta\theta_{s,t}$ , suposant-la distribuïda uniformement en la secció, en un increment de temps  $\Delta t$ , es determina mitjançant l'expressió:

$$\Delta\theta_{s,t} = \frac{A_m V}{c_s \rho_s} h_{net,d} \Delta t \quad (D.1)$$

on:

$A_m V$  factor de forma, segons el que es defineix en D.2.1;

$c_s$  calor específica de l'acer, que es pot suposar independent de la temperatura, i de valor  $c_s = 600 \text{ J/kgK}$ ;

$h'_{net,d}$  valor de càlcul del flux de calor net per unitat d'àrea ( $\text{W/m}^2$ ), que es considera suma del valor del flux de calor per radiació  $h'_{net,r}$  i per convecció  $h'_{net,c}$ , on:

$$h'_{net,r} = \Phi \epsilon_f \epsilon_m \sigma [(\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_s + 273)^4], \quad [\text{W/m}^2] \quad (D.2)$$

on:

$\Phi$  factor de configuració, de valor 1,0 si no hi ha dades específiques;

$\epsilon_f$  emissivitat del foc, de valor 1,0 si no hi ha dades específiques;

$\epsilon_m$  emissivitat superficial del material, que en el cas de l'acer té valor 0,50;

$\Theta_r$  temperatura de radiació efectiva en el sector d'incendi [°C], que es pot prendre igual a la del gas segons B.2;

$\Theta_s$  temperatura superficial de l'element (°C), i

$\sigma$  constant de Boltzmann; igual a  $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$

$$h'_{net,c} = \alpha_c (\Theta_g - \Theta_m) \quad [\text{W/m}^2] \quad (D.3)$$

on:

$\alpha_c$  coeficient de transferència de calor per convecció ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ), que per al cas de la corba normalitzada temps-temperatura és igual a  $25 \text{ W/m}^2\text{K}$ . En el costat no exposat d'elements separadors, es pot considerar únicament el flux de

---

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**


---

calor per convecció, prenent com a coeficient de transferència el valor de  $\alpha_c = 9$  W/m<sup>2</sup> K;

$\Theta_g$  temperatura del gas en el sector d'incendi [°C];

$\Theta_s$  temperatura superficial de l'element [°C];

$\Delta t$  interval de temps, no superior a 5 segons;

$\rho_s$  densitat de l'acer, que es pot suposar independent de la temperatura i de valor 7850 kg/m<sup>3</sup>.

- 3 Per a acer revestit, l'increment de temperatura en l'acer,  $\Delta\theta_{s,t}$ , suposant-la distribuïda uniformement en la secció, en un increment de temps  $\Delta t$ , es determina mitjançant l'expressió:

$$\Delta\theta_{s,t} = \frac{\lambda_p A_m V}{d c_s \rho_s} \frac{(\theta_{g,t}^3 \theta_{s,t})}{(1 + \phi/3)} \Delta t (e^{\phi/10} - 1) \Delta_{g,t} \quad \text{amb } \Delta\theta_{s,t} \geq 0 \quad (\text{D.4})$$

on:

$$\phi = \frac{c_p \rho_p}{c_s \rho_s} d A_m / V$$

on:

$A_m/V$  definit en l'apartat D.2.2;

$d$  definit en l'apartat D.2.2;

$\theta_{s,t}$  temperatura de l'acer en l'instant  $t$ ;

$\lambda_p$  conductivitat tèrmica del material de revestiment [W/mk].

### D.3 Connexions

- 1 La connexió entre elements ha de tenir un valor de  $\mu_{fi}$  més gran que el valor pèssim dels elements que uneix.
- 2 Si els elements estan revestits, la unió entre aquests ha d'estar així mateix revestida, de manera que el valor del coeficient d'aïllament del material de revestiment de la unió sigui més gran o igual al dels elements.



## Annex SI E Resistència al foc de les estructures de fusta

### E.1 Generalitats

- 1 En aquest annex s'estableix un mètode simplificat de càlcul que permet determinar la resistència dels elements estructurals de fusta davant l'acció representada per la *corba normalitzada temps-temperatura*.

### E.2 Mètode de la secció reduïda

#### E.2.1 Generalitats

- 1 La comprovació de la capacitat portant d'un element estructural de fusta es realitza mitjançant els mètodes establerts en DB SE-M, tenint en compte les regles simplificades per a l'anàlisi d'elements establerts en E.3, i considerant:
- a) una secció reduïda de fusta, obtinguda eliminant de la secció inicial la profunditat eficaç de carbonització,  $d_{ef}$ , en les cares exposades, assolida durant el període de temps considerat;

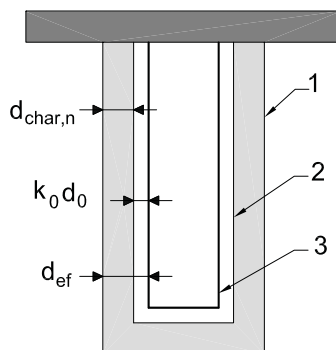
$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 \quad (E.1)$$

on:

$d_{char,n}$  profunditat carbonitzada nominal de càlcul, es determina d'acord amb l'apartat E.2.2.

$d_0$  de valor igual a 7 mm

$k_0$  de valor igual a 1 per a un temps,  $t$ , més gran o igual a 20 minuts i  $t/20$  per a temps inferiors, en el cas de superfícies no protegides o superfícies protegides el temps de l'inici de la carbonització de les quals,  $t_{ch}$ , sigui menor o igual que 20 minuts. Per a superfícies protegides el temps de l'inici de la carbonització de les quals,  $t_{ch}$ , sigui més gran que 20 minuts es considera que  $k_0$  varia linealment des de zero fins a  $u$  durant l'interval de temps comprès entre zero i  $t_{ch}$ , i és constant i igual a  $u$  a partir del punt esmentat.



- 1 Superfície inicial de l'element  
2 Límit de la secció residual  
3 Límit de la secció eficaç

Figura E.1. Definició de la secció residual i eficaç.

- b) que la resistència de càlcul i els paràmetres de càlcul de la rigidesa es consideren constants durant l'incendi, i conserven els seus valors inicials;
- c) que el factor de modificació  $K_{mod}$  en situació d'incendi es pren igual a la unitat

**Document bàsic SI** Seguretat en cas d'incendi

- 2 En aquest mètode es consideren les hipòtesis implícites següents:
- S'analitzen, a aquests efectes, només els elements estructurals individualment en lloc de l'estructura global.
  - Les condicions de contorn i suport, per a l'element estructural, es corresponen amb les adoptades per a temperatura normal.
  - No és necessari considerar les dilatacions tèrmiques en els elements de fusta, encara que sí que cal considerar-ho en altres materials.

### E.2.2 Profunditat carbonitzada

- 1 Es considera que es produeix carbonització en totes les superfícies de fusta o de productes derivats de la fusta exposats al foc i, en el cas d'elements protegits, quan aquesta s'iniciï durant el temps d'exposició al foc especificat.
- 2 La profunditat carbonitzada nominal de càlcul en una direcció,  $d_{char,n}$ , entesa com la distància entre la superfície exterior de la secció inicial i la línia que defineix el front de carbonització per a un temps d'exposició al foc determinat, que inclou l'efecte de l'arrodoniment de les arestes, es determina segons l'expressió següent:

$$d_{char,n} = \beta_n t \quad (E.2)$$

on:

- $\beta_n$     velocitat de carbonització nominal. Es determina d'acord amb E.2.3;  
 $t$         temps d'exposició al foc.

### E.2.3 Velocitat de carbonització nominal de càlcul

#### E.2.3.1 Fusta sense protecció

- 1 Per a fustes sense protecció, la velocitat de carbonització nominal de càlcul,  $\beta_n$ , es considera constant durant tot el temps d'exposició al foc i el seu valor es determina d'acord amb la taula E.1.

**Taula E.1. Velocitat de carbonització nominal de càlcul,  $\beta_n$ , de fustes sense protecció**

	$\beta_n$ (mm/min)
<b>Coníferes i faig</b>	
Fusta laminada encolada amb densitat característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,70
Fusta massissa amb densitat característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,80
<b>Fronloses</b>	
Fusta massissa o laminada encolada de frondoses amb densitat característica de $290 \text{ kg/m}^3$ <sup>(1)</sup>	0,70
Fusta massissa o laminada encolada de frondoses amb densitat característica $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,55
<b>Fusta microlaminada</b>	
Amb una densitat característica $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,70

<sup>(1)</sup> Per a densitat característica compresa entre 290 i 450  $\text{kg/m}^3$ , s'interpolava linealment

#### E.2.3.2 Fusta amb protecció

##### E.2.3.2.1 Generalitats

- 1 Per a elements de fusta protegits (vegeu la figura E.2), la velocitat de carbonització nominal de càlcul varia durant el temps d'exposició al foc, i es consideren els casos següents:
- a) Si l'inici de la carbonització de l'element es produeix per la fallada de la protecció s'han de considerar les fases següents. L'inici de la carbonització s'endarrereix fins al moment en què es produeix la fallada de la protecció,  $t_p$ . A partir d'aquest moment s'ha de considerar una velocitat de carbonització nominal igual al doble de l'establerta a la taula E.1 per a fusta sense protecció, fins que s'assoleixi una profunditat carbonitzada nominal de càlcul igual al menor dels dos valors següents: 25 mm o la profunditat carbonitzada nominal de càlcul d'una superfície

## Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

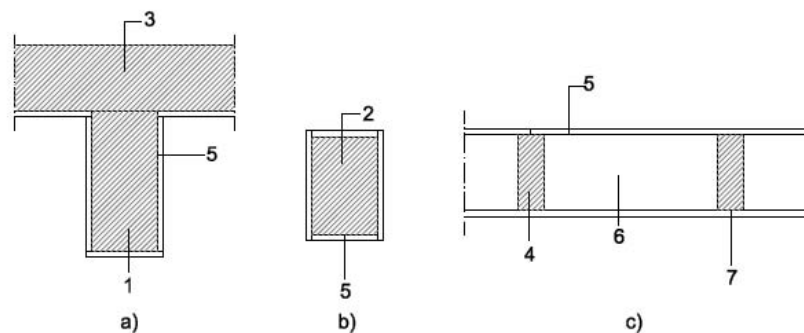
no protegida. En la fase posterior a l'instant esmentat, es considera com a velocitat de carbonització nominal la corresponent a la fusta sense protecció.

- b) Si l'inici de la carbonització de l'element es produeix abans de la fallada de la protecció s'han de considerar les fases següents. Una primera fase fins al moment en què s'inicia la carbonització de l'element,  $t_{ch}$ . A partir d'aquest moment i fins que es produeixi la fallada de la protecció,  $t_f$ , s'ha de considerar una velocitat de carbonització nominal igual a l'establerta a la taula E.1 per a fusta sense protecció multiplicada per un coeficient reductor  $k_2$ , funció del tipus de protecció. A partir d'aquest moment, s'ha de considerar una velocitat de carbonització nominal igual al doble de l'establerta a la taula E.1 per a fusta sense protecció, fins que s'assoleixi una profunditat carbonitzada nominal de càlcul igual al menor dels dos valors següents: 25 mm o la profunditat carbonitzada nominal de càlcul d'una superfície no protegida. En la fase posterior a l'instant esmentat, es considera com a velocitat de carbonització nominal la corresponent a la fusta sense protecció.

Quan l'element estigui protegit amb mantes de llana de roca amb un gruix més gran o igual a 20 mm i una densitat més gran o igual a  $26 \text{ kg/m}^3$  que es mantinguin amb cohesió fins a  $1.000 \text{ }^\circ\text{C}$ , els valors de  $k_2$  es poden prendre de la taula E.2. Per a gruixos compresos entre 20 i 45 mm es pot interpolar linealment.

Taula E.2. Valors de  $k_2$  per a fusta protegida per mantes de llana de roca

Gruix $h_{ins}$ [mm]	$k_2$
20	1
$\geq 45$	0,6



1 biga - 2 suport - 3 entrebigat - 4 muntant o bigueta  
5 revestiment o tancament - 6 cavitat buida  
7 junta

Figura E.2. Exemples de panells utilitzats com a revestiments de protecció contra el foc

- 2 Excepte per als casos que s'estableixen en aquest document o per a aquells en què es disposi d'informació suficient, el temps per al qual es produeix l'inici de la carbonització  $t_{ch}$  de l'element, el temps per al que es produeix la fallada del revestiment de protecció contra el foc o altres materials de protecció  $t_f$ , així com les velocitats de carbonització en les diferents fases, s'han de determinar experimentalment.
- 3 S'ha de tenir en compte al començament de la carbonització i, quan escaigui, en la velocitat de carbonització abans de la fallada de la protecció, l'efecte de les juntes del revestiment amb espais no reblits més grans de 2 mm.

#### E.2.3.2.2 Inici de la carbonització

- 1 En el cas de revestiments de protecció consistents en una o diverses capes de taulers derivats de la fusta o taulers de fusta massissa, el temps d'inici de carbonització  $t_{ch}$  de l'element protegit es pot obtenir mitjançant l'expressió següent:

$$t_{ch} = \frac{h_p}{\beta_0} \quad (\text{E.3})$$

on:

$h_p$  gruix del tauler, en cas de diverses capes el gruix total, [mm];

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

$\beta_0$  velocitat de carbonització bàsica de càlcul (vegeu la taula E.3);

**Taula E.3. Velocitat de carbonització bàsica de càlcul,  $\beta_0$ , de taulers de protecció**

Taulers <sup>(1)</sup>	$\beta_0$ (mm/min)
Taulers de fusta	0,90
Taulers contraxapats	1,00
Taulers derivats de la fusta diferents del tauler contraxapat	0,90

<sup>(1)</sup> Els valors s'apliquen per a densitat característica de 450 kg/m<sup>3</sup> i per a un gruix del tauler de 20 mm. Per a valors diferents de la densitat característica  $\rho_k$  i del gruix  $h_p$  del tauler, la velocitat de carbonització bàsica de càlcul es determina mitjançant l'expressió següent:

$$\beta_{0,p,t} = \beta_0 k_p k_t \quad (E.4)$$

on:

$$k_p = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} \quad i \quad k_t = \max \left\{ \sqrt{\frac{20}{h_p}}, 1,0 \right\} \quad (E.5) \quad (E.6)$$

on:

$\rho_k$  densitat característica en kg/m<sup>3</sup>  
 $h_p$  gruix del tauler en mm

- 2 En el cas de murs o forjats formats per taulers units a un entramat de fusta (vegeu la figura E.2 c), el temps d'inici de carbonització  $t_{ch}$  dels elements de l'entramat protegit es pot obtenir mitjançant l'expressió següent:

$$t_{ch} = \frac{h_p}{\beta_0} - 4 \quad (E.7)$$

on:

$h_p$  gruix del tauler, en cas de diverses capes el gruix total, [mm];  
 $\beta_0$  velocitat de carbonització bàsica de càlcul (vegeu la taula E.3).

- 3 Per als casos d'elements protegits mitjançant mantes de llana de roca, que compleixin les especificacions del paràgraf 1 b) de l'apartat E.2.3.2.1, el temps per al qual es produeix l'inici de la carbonització  $t_{ch}$ , es pot obtenir de l'expressió següent:

$$t_{ch} = 0,07(h_{ins} - 20)\sqrt{\rho_{ins}} \quad (E.8)$$

on:

$h_{ins}$  gruix del material aïllant en mil·límetres;  
 $\rho_{ins}$  densitat del material aïllant en kg/m<sup>3</sup>.

**E.2.3.2.3 Temps de fallada de revestiments de protecció**

- 1 La fallada del revestiment de protecció contra el foc pot ocórrer pels motius següents:
- carbonització o degradació mecànica del material del revestiment;
  - longitud de penetració insuficient dels elements de fixació a la zona no carbonitzada de la fusta;
  - separació o distàncies inadequades dels elements de fixació.
- 2 En el cas de revestiments de protecció contra el foc mitjançant taulers derivats de la fusta i taulers de fusta massissa, es considera com a temps de fallada del revestiment,  $t_f$ , el temps per al qual es produeix l'inici de la carbonització de l'element protegit,  $t_{ch}$  (vegeu l'apartat E.2.3.2.2).
- 3 Per evitar la fallada per longitud de penetració insuficient dels elements de fixació a la zona no carbonitzada,  $l_a$ , aquesta longitud ha de ser almenys de 10 mm. La longitud requerida de l'element de fixació es determina mitjançant l'expressió següent:

$$l_{f,req} = h_p + d_{char,n} + l_a \quad (E.9)$$

on:

$h_p$  gruix del tauler;

---

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

---

- $d_{char,n}$  profunditat de carbonització en l'element de fusta;  
 $l_a$  longitud mínima de penetració de l'element de fixació a la zona no carbonitzada de la fusta.

### E.3 Regles simplificades per a l'anàlisi d'elements estructurals

#### E.3.1 Generalitats

- 1 Es pot negligir la compressió perpendicular a la fibra.
- 2 En seccions rectangulars i circulars massisses es pot negligir el tallant.
- 3 Quan per al càlcul dels elements sotmesos a compressió o a flexió es tingui en compte l'efecte de la travada, s'ha de verificar que no es produeix la seva fallada durant el temps requerit d'exposició al foc.
- 4 Es considera que no es produeix la fallada de la travada si l'ample i la seva secció reduïda és almenys el 60% de l'ample i la secció requerida en situació de càlcul a la temperatura normal, sempre que la fixació es realitzi amb claus, tirafons, passadors o perns.

#### E.3.2 Bigues

- 1 Quan es pugui produir la fallada de la travada lateral de la biga durant el temps requerit d'exposició al foc, s'ha de considerar als efectes de càlcul la possibilitat de bolcada lateral de la biga sense travada.
- 2 En bigues amb entalladures s'ha de verificar que la secció residual prop de l'entalladura és com a mínim del 60% de la secció requerida en condicions de càlcul a la temperatura normal.

#### E.3.3 Suports

- 1 Quan es pugui produir la fallada de la travada del suport durant el temps requerit d'exposició al foc, s'ha de considerar als efectes de vinculament el suport sense travades.
- 2 En estructures travades i si el sector d'incendi no abraça més d'una planta, es pot prendre com a longitud de vinculament la meitat de l'altura entre plantes intermèdies, o el 0,7 de l'altura de l'última planta.

#### E.3.4 Elements compostos amb unions mecàniques

- 1 En elements compostos amb unions mecàniques, s'ha de tenir en compte la reducció del mòdul de lliscament en la situació d'incendi.
- 2 El mòdul de lliscament  $K_{fi}$  per a la situació d'incendi es determina a partir de l'expressió següent:

$$K_{fi} = K_u \cdot \eta_f \quad (\text{E.10})$$

on:

$K_u$  mòdul de lliscament en la situació normal de temperatura per als estats límit últims d'acord amb el DB-SE-M; en N/mm.

$\eta_f$  factor de conversió definit a la taula E.4.

**Taula E.4. Factor de conversió**

	$\eta_f$
Claus i tirafons	0,2
Perns, passadors i connectors	0,67

### E.4 Unions

#### E.4.1 Generalitats

- 3 En aquest apartat es tracten les unions entre elements exposats a l'acció representada per la *corba normalitzada temps-temperatura* realitzades amb claus, perns, passadors i connectors

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

d'anell i de placa d'acord amb la norma UNE EN 912:2000 i amb barres encolades. Mentre en el text no s'indiqui el contrari, les regles són solament aplicables a *resistències al foc* no superiors a R 60.

- 4 Els apartats E.4.2 i E.4.3 només són vàlids per a unions simètriques de tres elements sotmeses a càrrega lateral.

#### E.4.2 Unions amb peces laterals de fusta

##### E.4.2.1 Unions no protegides

- 1 Mitjançant la taula E.5 es pot obtenir la resistència al foc d'unions no protegides entre fusta i fusta, les separacions, distàncies entre elements de fixació i gruix de la peça lateral de les quals compleixin els requisits mínims definits al capítol 8 del DB-SE-M.

**Taula E.5. Resistència al foc d'unions no protegides amb peces laterals de fusta**

	Resistència al foc	Condicions
Claus llisos	R-15	$d \geq 2,8 \text{ mm}^{(1)}$
Tirafons	R-15	$d \geq 3,5 \text{ mm}^{(1)}$
Perns	R-15	$t_1 \geq 45 \text{ mm}^{(2)}$
Passadors	R-20	$t_1 \geq 45 \text{ mm}^{(2)}$
Connectors	R-15	$t_1 \geq 45 \text{ mm}^{(2)}$

<sup>(1)</sup> d és el diàmetre de la clavilla

<sup>(2)</sup>  $t_1$  és el gruix de la peça lateral

- 2 En unions realitzades amb passadors, claus o tirafons en què el cap no sobresurti de la superfície de la peça, es poden considerar resistències al foc superiors a les indicades a la taula E.5 si s'incrementen el gruix, la longitud i l'amplada de les peces laterals, així com les distàncies a la testa i a les vores dels elements de fixació, una quantitat  $a_{fi}$ , definida per l'expressió següent:

$$a_{fi} = \beta_n \cdot k_{flux} (t_{req} - t_{fi,d}) \quad (E.11)$$

on:

$\beta_n$  velocitat de carbonització nominal de càlcul de la fusta segons la taula E.1.

$k_{flux}$  coeficient que té en compte l'increment del flux de calor a través de l'element de fixació. Es pot prendre igual a 1,5.

$t_{req}$  temps requerit de resistència al foc, en minuts. Aquesta formulació no és vàlida en resistències al foc superiors a 30 minuts

$t_{fi,d}$  temps de resistència al foc de la unió no protegida d'acord amb la taula E.5.

##### E.4.2.2 Unions protegides

- 1 Quan la unió es protegeixi mitjançant l'adossament de taulers de fusta o taulers derivats de la fusta, s'ha de complir la condició següent:

$$t_{ch} \geq t_{req} - 0,5 \cdot t_{fi,d} \quad (E.12)$$

on:

$t_{ch}$  temps en què s'inicia la carbonització d'acord amb E.2.3.2.2;

$t_{req}$  temps requerit per a una exposició al foc normalitzat;

$t_{fi,d}$  temps de resistència al foc de la unió sense protegir d'acord amb la taula E.5, sotmesa a l'efecte de càlcul de les accions en situació d'incendi.

- 2 En unions en què els elements de fixació estan protegits per taps o pegats encolats, el gruix del pegat s'ha de determinar mitjançant l'expressió E.11 (vegeu la figura E.3).
- 3 La protecció s'ha de fixar de tal manera que se n'eviti la fallada prematura. Quan la protecció es realitzi mitjançant taulers derivats de la fusta, aquesta ha de romandre en la seva posició fins que s'assoleixi el temps requerit d'inici de la carbonització de l'element protegit ( $t = t_{ch}$ ).
- 4 Per a la protecció d'unions amb perns, el cap dels perns s'ha de protegir amb un element de protecció de gruix  $a_{fi}$  segons E.11 (vegeu la figura E.4).
- 5 Quan la fixació de la protecció es realitzi amb claus o tirafons s'han de complir les condicions següents:

## Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi

- a) la distància entre elements de fixació ha de ser d'almenys 100 mm al llarg de les vores de la peça i d'almenys 300 mm en les línies interiors (allunyades de les vores);
- b) la distància a les vores des dels elements de fixació ha de ser almenys igual a l'obtinguda mitjançant l'equació E.11 (vegeu la figura E.3).
- 6 La profunditat de penetració en l'element protegit, dels elements de fixació de taulers de fusta o derivats de la fusta, ha de ser almenys igual a 6d.

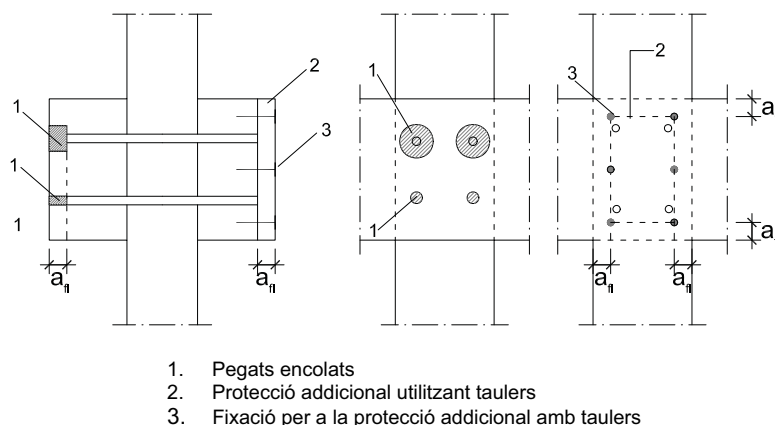


Figura E.3. Exemples de proteccions addicionals mitjançant pegats encolats i protecció mitjançant taulers derivats de la fusta (la protecció de les vores de les peces laterals i central no està representada en el dibuix)

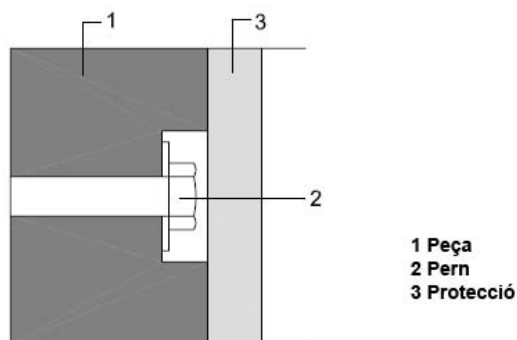


Figura E.4. Exemple de protecció del cap d'un pern.

#### E.4.2.3 Regles complementàries per a unions amb plaques d'acer a l'interior

- 1 En unions amb plaques d'acer d'un gruix més gran o igual a 2 mm, situades com a peces centrals, en què la placa d'acer no sobresurti respecte de la superfície de la peça de fusta, l'amplada  $b_{st}$  de la placa d'acer ha de complir les condicions definides a la taula E.6.

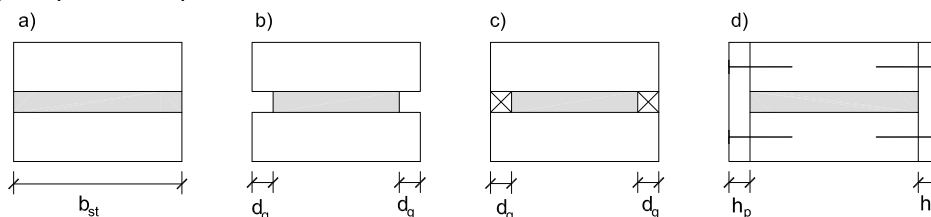
Taula E.6. Amplades de les plaques d'acer amb vores sense protegir  $b_{st}$ .

	Temps de resistència al foc (min)	$b_{st}$ (mm)
Vores sense protegir en general	R-30	$\geq 200$
	R-60	$\geq 280$
Vores sense protegir en un o dos costats	R-30	$\geq 120$
	R-60	$\geq 280$

- 2 En plaques d'acer l'amplada de les quals sigui menor que la de les peces de fusta es poden considerar protegides en els casos següents (vegeu la figura E.5):

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

- a) En plaques amb un gruix no superior a 3 mm, quan la reculada de l'edificació  $d_g$  sigui més gran que 20 mm per a una *resistència al foc* R 30, i més gran que 60 mm per a una *resistència al foc* R 60.
- b) En unions amb filets encolats o taulers derivats de la fusta, quan la reculada de l'edificació  $d_g$  o el gruix del panell  $h_p$ , respectivament, sigui més gran que 10 mm per a una *resistència al foc* R 30, i més gran que 30 mm per a una *resistència al foc* R 60.



**Figura E.5. Protecció de les vores de les plaques d'acer (no es mostren les connexions entre la placa i la fusta): a) sense protegir, b) protegides amb reculada de l'edificació, c) protegides amb filets encolats, d) protegides amb taulers.**

### E.4.3 Unions amb plaques d'acer a l'exterior

#### E.4.3.1 Unions no protegides

- 1 La capacitat resistent de les plaques d'acer es determina mitjançant l'aplicació de les regles definides a l'annex D d'aquest document.
- 2 Als efectes del càlcul del factor de forma definit a l'annex D d'aquest document, les superfícies d'acer en contacte amb la fusta es poden considerar no exposades al foc.

#### E.4.3.2 Unions protegides

- 1 Les plaques d'acer utilitzades com a peces laterals es poden considerar protegides si estan totalment recobertes de fusta o de productes derivats de la fusta el gruix mínim dels quals sigui igual a  $a_{fi}$  d'acord amb l'equació E.11 amb  $t_{fi,d} = 5$  min.

### E.4.4 Tirafons sotmesos a càrrega axial

- 1 Les especificacions contingudes en aquest apartat són només aplicables als tirafons sotmesos a càrrega axial que estiguin protegits de l'exposició directa al foc.
- 2 La capacitat resistent en situació d'incendi s'obté multiplicant la capacitat resistent en situació normal de temperatura (segons DB-SE-M) per un coeficient de reducció, denominat factor de conversió, el valor del qual es determina segons les expressions següents.
- 3 Per a les unions del tipus de les representades a la figura E.6 amb:

$$d_2 \geq d_1 + 40 \quad (E.13)$$

$$d_3 \geq d_1 + 20 \quad (E.14)$$

on  $d_1$ ,  $d_2$  i  $d_3$  són distàncies en mm,

El factor de conversió  $\eta$  es defineix mitjançant les equacions següents:

$$\eta = 0 \quad \text{per a } d_1 \leq 0,6 \cdot t_{fi,d} \quad (E.15)$$

$$\eta = \frac{0,44 \cdot d_1 - 0,264 \cdot t_{fi,d}}{0,2 \cdot t_{fi,d} + 5} \quad \text{per a } 0,6 \cdot t_{fi,d} \leq d_1 \leq 0,8 \cdot t_{fi,d} + 5 \quad (E.16)$$

$$\eta = \frac{0,56 \cdot d_1 - 0,36 \cdot t_{fi,d} + 7,32}{0,2 \cdot t_{fi,d} + 23} \quad \text{per a } 0,8 \cdot t_{fi,d} + 5 \leq d_1 \leq t_{fi,d} + 28 \quad (E.17)$$

$$\eta = 1,0 \quad \text{per a } d_1 \leq t_{fi,d} + 28 \quad (E.18)$$

on:

$d_1$  recobriment lateral en mm, figura E.11.

$t_{fi,d}$  temps requerit de resistència al foc en minuts.

- 4 El factor de conversió  $\eta$  per a recobriments laterals  $d_2 = d_1$  i  $d_3 \geq d_1 + 20$  mm es pot calcular mitjançant les equacions E.13 a E.18, substituint  $t_{fi,d}$  per  $1,25 \cdot t_{fi,d}$ .



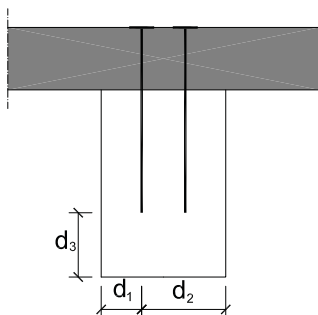


Figura E.6. Secció transversal i definició de distàncies.

## E.5 Disposicions constructives

### E.5.1 Murs i forjats

#### E.5.1.1 Dimensions i separacions

- 1 La separació entre eixos de muntants de murs entramats i de biguetes de forjat no ha de superar els 625 mm.
- 2 En els murs, els panells individuals han de tenir un gruix mínim  $t_{p,min}$ .

$$t_{p,min} = \max \left\{ \frac{l_p}{70}, \frac{l_p}{8} \right\} \quad (E.19)$$

on:

$t_{p,min}$  gruix mínim del panell en mil·límetres.

$l_p$  llum del panell (separació entre les peces de l'entramat) en mil·límetres.

- 3 En els elements constructius amb una sola capa a cada costat, els taulers derivats de la fusta han de tenir una densitat característica d'almenys  $350 \text{ kg/m}^3$ .

#### E.5.1.2 Detalls de les unions dels taulers

- 1 Els taulers s'han de fixar a l'entramat de fusta.
- 2 Per als panells o taulers de fusta o derivats de la fusta fixats amb claus, la separació màxima entre claus ha de ser de 150 mm. La profunditat mínima de penetració ha de ser vuit vegades el diàmetre de l'element de fixació per a taulers portants i sis vegades el diàmetre de l'element de fixació per als taulers no portants. Si els panells es fixen amb tirafons, la separació màxima ha de ser de 250 mm.
- 3 Els cantells dels taulers han de quedar en contacte amb una amplitud màxima d'1 mm. S'han de fixar a l'entramat en almenys dues vores oposades. En el cas de capes múltiples aquest requisit s'aplica a la capa externa.
- 4 En el cas de capes múltiples les juntes dels panells s'han de desfasar almenys 60 mm. Cada panell s'ha de fixar de manera individual.

#### E.5.1.3 Aïllament

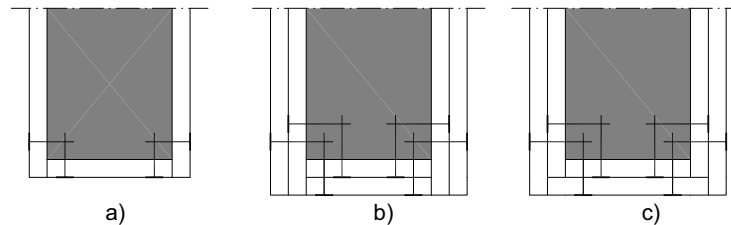
- 1 Les capes de materials aïllants o taulers que es tinguin en compte en el càlcul s'han de fixar a l'entramat de fusta de tal manera que s'eviti la fallada prematura o despenjament.

### E.5.2 Altres elements

- 1 Els taulers utilitzats com a protecció d'elements estructurals com ara bigues i suports s'han de fixar als elements d'acord amb les indicacions següents. Els taulers s'han de fixar directament a l'element i no a un altre tauler. En els revestiments consistents en múltiples capes de taulers, cada capa s'ha de fixar individualment, i les juntes s'han de desfasar almenys 60 mm. La

**Document bàsic SI** Seguretat en cas d'incendi

separació entre els elements de fixació no ha pot superar el menor dels valors següents: 200 mm o 17 vegades el gruix del tauler  $h_p$ . En relació amb la longitud de l'element de fixació, s'ha d'aplicar el que s'indica en el paràgraf 2 de l'apartat E.5.1.2 (vegeu la figura E.7 b). La distància a la vora no pot ser superior a 3 vegades el gruix del tauler  $h_p$ , ni inferior a 1,5 vegades el gruix del tauler o 15 mm, i s'ha d'elegir el valor menor de tots dos.



**Figura E.7. Exemples de fixacions per als taulers de protecció**

**E.6 Adhesius**

- 1 Els adhesius per a ús estructural han de produir unions amb resistència i durabilitat tals, que la integritat de l'encolatge es mantingui durant el període de resistència al foc exigít.
- 2 Per a l'encolatge de fusta amb fusta, fusta amb productes derivats de la fusta o productes derivats de la fusta amb productes derivats de la fusta, s'han d'utilitzar adhesius de tipus fenol-formaldehid i aminoplàstics de tipus 1 d'acord amb la norma UNE EN 301:1994 i adhesius per a tauler contraxapat i fusta microlaminada d'acord amb la norma UNE EN 314:1994.
- 3 Per a l'encolat de barres d'acer, la temperatura d'estovament de l'adhesiu s'ha de determinar experimentalment.

## Annex F Resistència al foc dels elements de fàbrica

A les taules F.1 i F.2 s'estableix, respectivament, la *resistència al foc* que aporten els elements de fàbrica de maó ceràmic o silicocalcari i els de blocs de formigó, davant l'exposició tèrmica segons la *corba normalitzada temps-temperatura*.

Les taules esmentades són aplicables només a murs i envans d'una fulla, sense revestir i arrebossats amb morter de ciment o guarnits amb guix, amb gruixos d'1,5 cm com a mínim. En el cas de solucions constructives formades per dues o més fulles es pot adoptar com a valor de *resistència al foc* del conjunt la suma dels valors corresponents a cada fulla.

La classificació que figura a les taules per a cada element no és l'única que el caracteritza, sinó únicament la que està disponible. Per exemple, una classificació EI assignada a un element no pressuposa que aquest no tingui capacitat portant davant l'acció del foc i que, per tant, no pugui ser classificat també com a REI, sinó simplement que no es disposa de la classificació esmentada.

**Taula F.1. Resistència al foc de murs i envans de fàbrica de maó ceràmic o silicocalcari**

Tipus de revestiment	Gruix e de la fàbrica en mm							
	Amb maó buit			Amb maó massís o perforat		Amb blocs d'argila alleugerida		
	40<e≤80	80<e≤110	e>110	110<e≤200	e>200	140<e≤240	e>240	
Sense revestir	(1)	(1)	(1)	REI-120	REI-240	(1)	(1)	
Arrebossat	Per la cara exposada	(1)	EI-60	EI-90	EI-180	EI-240	EI-180	EI-240
	Per les dues cares	REI-30	REI-90	REI-120	REI-180	REI-240	REI-180	REI-240
Guarnit	Per la cara exposada	EI-60	EI-120	EI-180	EI-240	EI-240	EI-240	EI-240
	Per les dues cares	EI-90	EI-180	EI-240	EI-240	EI-240	EI-240	EI-240

(1) No és usual

**Taula F.2. Resistència al foc de murs i envans de fàbrica de blocs de formigó**

Tipus de cambra	Tipus d'àrid	Tipus de revestiment	Gruix nominal en mm	Resistència al foc
Simple	Silici	Sense revestir	100	EI-15
			150	REI-60
			200	REI-120
	Calcari	Arrebossat per les dues cares	100	EI-60
			150	REI-90
			200	REI-180
	Volcànic	Sense revestir	120	EI-120
			200	REI-180
		Guarnit per la cara exposada	120	EI-120
Guarnit per les dues cares			90	EI-180
Guarnit per la cara exposada			120	EI-180
Guarnit per la cara exposada (arrebossat per la cara exterior)			200	REI-240
Argila expandida	Sense revestir	200	REI-120	
		200	REI-180	
Doble	Argila expandida	Sense revestir	200	REI-180

## Annex SI G

### Normes relacionades amb l'aplicació del DB SI

- 1 Reacció al foc
- 2 Resistència al foc i eurocodis
- 3 Instal·lacions per al control del fum i de la calor (especificacions)
- 4 Ferramentes i dispositius d'obertura per a portes resistents al foc
- 5 Senyalització
- 6 Altres matèries

Aquest annex inclou, amb caràcter informatiu, les normes de classificació, d'assaig i d'especificació de producte que tenen relació amb l'aplicació del DB SI. Les referències indiquen quines estan ja disponibles com a normes UNE EN, quines estan disponibles com a normes EN i quines estan encara en fase de projecte (prEN).

#### 1 Reacció al foc

	<b>13501</b>	<b>Classificació en funció del comportament davant el foc dels productes de construcció i elements per a l'edificació</b>
UNE EN	13501-1: 2002	Part 1: Classificació a partir de dades obtingudes en assajos de reacció al foc.
	prEN 13501-5	Part 5: Classificació en funció de dades obtingudes en assajos de cobertes davant l'acció d'un foc exterior.
UNE EN ISO	1182: 2002	Assajos de reacció al foc per a productes de construcció - Assaig de no-combustibilitat.
UNE ENV	1187: 2003	Mètodes d'assaig per a cobertes exposades a foc exterior.
UNE EN ISO	1716: 2002	Assajos de reacció al foc dels productes de construcció – Determinació de la calor de combustió.
UNE EN ISO	9239-1: 2002	Assajos de reacció al foc dels revestiments de terres Part 1: Determinació del comportament al foc mitjançant una font de calor radiant.
UNE EN ISO	11925-2:2002	Assajos de reacció al foc dels materials de construcció – Inflamabilitat dels productes de construcció quan se sotmeten a l'acció directa de la flama. Part 2: Assaig amb una font de flama única.
UNE EN	13823: 2002	Assajos de reacció al foc de productes de construcció – Productes de construcció, excloent-ne revestiments de terres, exposats a l'atac tèrmic provocat per un únic objecte cremant.
UNE EN	13773: 2003	Tèxtils i productes tèxtils. Comportament al foc. Cortines i cortinatges. Esquema de classificació.

---

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**


---

UNE EN	13772: 2003	Tèxtils i productes tèxtils. Comportament al foc. Cortines i Cortinatges. Mesurament de la propagació de la flama de provetes orientades verticalment davant una font d'ignició de flama gran.
UNE EN	1101:1996	Tèxtils i productes tèxtils. Comportament al foc. Cortines i cortinatges. Procediment detallat per determinar la inflamabilitat de provetes orientades verticalment (flama petita).
UNE EN	1021- 1:1994	"Valoració de la inflamabilitat del mobiliari entapissat – Part 1: font d'ignició: cigarret en combustió".
UNE EN	1021-2:1994	Mobiliari. Valoració de la inflamabilitat del mobiliari entapissat. Part 2: Font d'ignició: flama equivalent a un llumí.
UNE	23727: 1990	Assajos de reacció al foc dels materials de construcció. Classificació dels materials utilitzats en la construcció.

**2 Resistència al foc**

	<b>13501</b>	<b>Classificació dels productes de construcció i dels elements constructius en funció del seu comportament davant el foc</b>
UNE EN	13501-2: 2004	Part 2: Classificació a partir de dades obtingudes dels assajos de resistència al foc, excloses les instal·lacions de ventilació.
prEN	13501-3	Part 3: Classificació a partir de dades obtingudes en els assajos de resistència al foc de productes i elements utilitzats en les instal·lacions de servei dels edificis: conductes i portes resistents al foc.
prEN	13501-4	Part 4: Classificació a partir de dades obtingudes en assajos de resistència al foc de components de sistemes de control de fum.
	<b>1363</b>	<b>Assajos de resistència al foc</b>
UNE EN	1363-1: 2000	Part 1: Requisits generals.
UNE EN	1363-2: 2000	Part 2: Procediments alternatius i addicionals.
	<b>1364</b>	<b>Assajos de resistència al foc d'elements no portants</b>
UNE EN	1364-1: 2000	Part 1: Parets.
UNE EN	1364-2: 2000	Part 2: Falsos sostres.
prEN	1364-3	Part 3: Façanes lleugeres. Configuració a mida real (conjunt complet).
prEN	1364-3	Part 4: Façanes lleugeres. Configuracions parcials.
prEN	1364-5	Part 5: Assaig de façanes i murs cortina davant un foc seminatural.
	<b>1365</b>	<b>Assajos de resistència al foc d'elements portants</b>
UNE EN	1365-1: 2000	Part 1: Parets.
UNE EN	1365-2: 2000	Part 2: Terres i cobertes.
UNE EN	1365-3: 2000	Part 3: Bigues.

---

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**


---

UNE EN	1365-4: 2000	Part 4: Pilars.
UNE EN	1365-5: 2004	Part 5: Balcons i passarel·les.
UNE EN	1365-6: 2004	Part 6: Escales.
	<b>1366</b>	<b>Assajos de resistència al foc d'instal·lacions de servei</b>
UNE EN	1366-1: 2000	Part 1: Conductes.
UNE EN	1366-2: 2000	Part 2: Comportes tallafocs.
UNE EN	1366-3: 2005	Part 3: Segellaments de penetracions.
prEN	1366-4	Part 4: Segellaments de juntures lineals.
UNE EN	1366-5: 2004	Part 5: Conductes per a serveis i xemeneies de ventilació.
UNE EN	1366-6: 2005	Part 6: Terres elevats.
UNE EN	1366-7: 2005	Part 7: Tancaments per a sistemes transportadors i de cintes transportadores.
UNE EN	1366-8: 2005	Part 8: Conductes per a extracció de fums.
prEN	1366-9	Part 9: Conductes per a extracció de fums en un únic sector d'incendi.
prEN	1366-10	Part 10: Comportes per al control de fums.
	<b>1634</b>	<b>Assajos de resistència al foc de portes i elements de tancament de buits</b>
UNE EN	1634-1: 2000	Part 1: Portes i tancaments tallafocs.
prEN	1634-2	Part 2: Ferramentes per a portes i finestres practicables resistents al foc.
UNE EN	1634-3: 2001	Part 3: Portes i tancaments per al control de fums.
UNE EN	81-58: 2004	Regles de seguretat per a la construcció i instal·lació d'ascensors – Exàmens i assajos. Part 58: Assaig de resistència al foc de les portes de pis.
	<b>13381</b>	<b>Assajos per determinar la contribució a la resistència al foc d'elements estructurals</b>
prENV	13381-1	Part 1: Membranes protectores horitzontals.
UNE ENV	13381-2: 2004	Part 2: Membranes protectores verticals.
UNE ENV	13381-3: 2004	Part 3: Protecció aplicada a elements de formigó.
UNE ENV	13381-4: 2005	Part 4: Protecció aplicada a elements d'acer.
UNE ENV	13381-5: 2005	Part 5: Protecció aplicada a elements mixtos de formigó / làmines d'acer perfilades.
UNE ENV	13381-6: 2004	Part 6: Protecció aplicada a columnes d'acer buides reblides de formigó.

---

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

---

ENV	13381-7: 2002	Part 7: Protecció aplicada a elements de fusta.
UNE EN	14135: 2005	Revestiments. Determinació de la capacitat de protecció contra el foc.
	<b>15080</b>	<b>Extensió de l'aplicació dels resultats dels assajos de resistència al foc</b>
prEN	15080-2	Part 2: Parets no portants.
prEN	15080-8	Part 8: Bigues.
prEN	15080-12	Part 12: Segellaments de penetració.
prEN	15080-14	Part 14: Conductes i xemeneies de ventilació per a instal·lacions.
prEN	15080-17	Part 17: Conductes per a l'extracció del fum en un únic sector d'incendi.
prEN	15080-19	Part 19: Portes i tancaments resistents al foc.
	<b>15254</b>	<b>Extensió de l'aplicació dels resultats dels assajos de resistència al foc de parets no portants</b>
prEN	15254-1	Part 1: Generalitats.
prEN	15254-2	Part 2: Envans de fàbrica i de blocs de guix.
prEN	15254-3	Part 3: Envans lleugers.
prEN	15254-4	Part 4: Envans envidrats.
prEN	15254-5	Part 5: Envans a base de panells sandvitx metàl·lics.
prEN	15254-6	Part 6: Envans desmuntables.
	<b>15269</b>	<b>Extensió de l'aplicació dels resultats dels assajos de resistència al foc de portes i persianes</b>
prEN	15269-1	Part 1: Requisits generals de resistència al foc.
prEN	15269-2	Part 2: Portes de frontisses pivotants d'acer.
prEN	15269-3	Part 3: Portes de frontisses pivotants de fusta.
prEN	15269-4	Part 4: Portes de frontisses pivotants de vidre.
prEN	15269-5	Part 5: Portes de frontisses pivotants d'alumini.
prEN	15269-6	Part 6: Portes corredisses de fusta.
prEN	15269-7	Part 7: Portes corredisses d'acer.
prEN	15269-8	Part 8: Portes plegables horitzontalment de fusta.
prEN	15269-9	Part 9: Portes plegables horitzontalment d'acer.
prEN	15269-10	Part 10: Tancaments enrotllables d'acer.
prEN	15269-20	Part 20: Portes per al control del fum.

---

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**


---

UNE EN	1991-1-2: 2004	Eurocodi 1: Accions en estructures. Part 1-2: Accions generals. Accions en estructures exposades al foc.
UNE ENV	1992-1-2: 1996	Eurocodi 2: Projecte d'estructures de formigó. Part 1-2: Regles generals. Projecte d'estructures davant el foc.
ENV	1993-1-2: 1995	Eurocodi 3: Projecte d'estructures d'acer. Part 1-2: Regles generals. Projecte d'estructures exposades al foc.
UNE ENV	1994-1-2: 1996	Eurocodi 4: Projecte d'estructures mixtes de formigó i acer. Part 1-2: Regles generals. Projecte d'estructures sotmeses al foc.
UNE ENV	1995-1-2: 1999	Eurocodi 5: Projecte d'estructures de fusta. Part 1-2: Regles generals. Projecte d'estructures sotmeses al foc.
ENV	1996-1-2: 1995	Eurocodi 6: Projecte d'estructures de fàbrica. Part 1-2: Regles generals. Projecte d'estructures davant el foc.
EN	1992-1-2: 2004	Eurocodi 2: Projecte d'estructures de formigó. Part 1-2: Regles generals. Projecte d'estructures exposades al foc.
EN	1993-1-2: 2005	Eurocodi 3: Projecte d'estructures d'acer. Part 1-2: Regles generals. Projecte d'estructures exposades al foc.
EN	1994-1-2: 2005	Eurocodi 4: Projecte d'estructures mixtes de formigó i acer. Part 1-2: Regles generals. Projecte d'estructures sotmeses al foc.
EN	1995-1-2: 2004	Eurocodi 5: Projecte d'estructures de fusta. Part 1-2: Regles generals. Projecte d'estructures sotmeses al foc.
EN	1996-1-2: 2005	Eurocodi 6: Projecte d'estructures de fàbrica. Part 1-2: Regles generals. Estructures sotmeses al foc.

### 3 Instal·lacions per al control del fum i de la calor

	<b>12101</b>	<b>Sistemes per al control del fum i la calor</b>
EN	12101-1:2005	Part 1: Especificacions per a barreres per al control del fum.
UNE EN	12101-2: 2004	Part 2: Especificacions per a airejadors d'extracció natural de fums i calor.
UNE EN	12101-3: 2002	Part 3: Especificacions per a airejadors extractors de fums i calor mecànics.
UNE	23585: 2004	Seguretat contra incendis. Sistemes de control de temperatura i evacuació de fums (SCTEH). Requisits i mètodes de càlcul i disseny per projectar un sistema de control de temperatura i d'evacuació de fums en cas d'incendi.
EN	12101-6	Part 6: Especificacions per a sistemes de pressió diferencial. Equips.
prEN	12101-7	Part 7: Especificacions per a conductes per al control de fums.
prEN	12101-8	Part 8: Especificacions per a comportes per al control del fum.
prEN	12101-9	Part 9: Especificacions per a panells de control.
prEN	12101-10	Part 10: Especificacions per a equips d'alimentació elèctrica.



---

**Document bàsic SI Seguretat en cas d'incendi**

---

prEN 12101-11 Part 11: Requisits de disseny i mètodes de càlcul de sistemes d'extracció de fum i de calor considerant focs variables en funció del temps.

**4 Ferramentes i dispositius d'obertura per a portes resistents al foc**

UNE EN 1125: 2003 VC1 Ferramentes per a l'edificació. Dispositius antipànic per a sortides d'emergència activats per una barra horitzontal. Requisits i mètodes d'assaig.

UNE EN 179: 2003 VC1 Ferramentes per a l'edificació. Dispositius d'emergència accionats per una maneta o un polsador per a sortides d'auxili. Requisits i mètodes d'assaig.

UNE EN 1154: 2003 Ferramentes per a l'edificació. Dispositius de tancament controlat de portes. Requisits i mètodes d'assaig.

UNE EN 1155: 2003 Ferramentes per a l'edificació. Dispositius de retenció electromagnètica per a portes batents. Requisits i mètodes d'assaig.

UNE EN 1158: 2003 Ferramentes per a l'edificació. Dispositius de coordinació de portes. Requisits i mètodes d'assaig.

prEN 13633 Ferramentes per a l'edificació. Dispositius antipànic controlats elèctricament per a sortides d'emergència. Requisits i mètodes d'assaig.

prEN 13637 Ferramentes per a l'edificació. Dispositius d'emergència controlats elèctricament per a sortides d'emergència. Requisits i mètodes d'assaig.

**5 Senyalització**

UNE 23033-1:1981 Seguretat contra incendis. Senyalització.

UNE 23034:1988 Seguretat contra incendis. Senyalització de seguretat. Vies d'evacuació.

UNE 23035-4:2003 Seguretat contra incendis. Senyalització fotoluminiscent. Part 4: Condicions generals. Mesuraments i classificació.

**6 Altres matèries**

UNE EN ISO 13943: 2001 Seguretat contra incendi. Vocabulari.

# Document bàsic

# SU

---

## Seguretat d'ús

---

- SU 1 Seguretat contra el risc de caigudes
- SU 2 Seguretat contra el risc d'impacte o d'atrapament
- SU 3 Seguretat contra el risc d'immobilització
- SU 4 Seguretat contra el risc causat per il·luminació inadequada
- SU 5 Seguretat contra el risc causat per situacions amb alta ocupació
- SU 6 Seguretat contra el risc d'ofegament
- SU 7 Seguretat contra el risc causat per vehicles en moviment
- SU 8 Seguretat contra el risc causat per l'acció del llamp

## Introducció

### I Objecte

Aquest document bàsic (DB) té per objecte establir regles i procediments que permetin complir les exigències bàsiques de seguretat d'ús. Les seccions d'aquest DB es corresponen amb les exigències bàsiques SU 1 a SU 8. L'aplicació correcta de cada secció suposa el compliment de l'exigència bàsica corresponent. L'aplicació correcta del conjunt del DB suposa que se satisfà el requisit bàsic "Seguretat d'ús".

No és objecte d'aquest document bàsic la regulació de les condicions d'accessibilitat no relacionades amb la seguretat d'ús que han de complir els edificis. Les condicions esmentades es regulen a la normativa d'accessibilitat que sigui aplicable.

Tant l'objectiu del requisit bàsic "Seguretat d'ús" com les exigències bàsiques s'estableixen a l'article 12 de la part I d'aquest CTE i són els següents:

#### Article 12. Exigències bàsiques de seguretat d'ús (SU)

1. L'objectiu del requisit bàsic "Seguretat d'ús" consisteix a reduir a límits acceptables el risc que els *usuaris* pateixin danys immediats durant l'ús previst dels edificis, com a conseqüència de les característiques del seu *projecte, construcció, ús i manteniment*.
2. Per satisfer aquest objectiu, els *edificis* s'han de projectar, construir, mantenir i utilitzar de forma que es compleixin les exigències bàsiques que s'estableixen en els apartats següents.
3. El document bàsic DB-SU Seguretat d'ús especifica paràmetres objectius i procediments el compliment dels quals assegura la satisfacció de les exigències bàsiques i la superació dels nivells mínims de qualitat propis del requisit bàsic de seguretat d'ús.

##### 12.1. Exigència bàsica SU 1: Seguretat contra el risc de caigudes

S'ha de limitar el risc que els *usuaris* pateixin caigudes, per a la qual cosa els terres han de ser adequats per afavorir que les persones no rellisquin, ensopeguin o es dificulti la mobilitat. Així mateix, s'ha de limitar el risc de caigudes a buits, canvis de nivell i escales i rampes facilitant la neteja dels envidraments exteriors en condicions de seguretat.

##### 12.2. Exigència bàsica SU 2: Seguretat contra el risc d'impacte o d'atrapament

S'ha de limitar el risc que els *usuaris* puguin patir impacte o atrapament amb elements fixos o practicables de l'edifici.

##### 12.3. Exigència bàsica SU 3: Seguretat contra el risc d'immobilització

S'ha de limitar el risc que els *usuaris* puguin quedar accidentalment immobilitzats en recintes.

##### 12.4. Exigència bàsica SU 4: Seguretat contra el risc causat per il·luminació inadequada

S'ha de limitar el risc de danys a les persones com a conseqüència d'una il·luminació inadequada en zones de circulació dels edificis, tant interiors com exteriors, fins i tot en cas d'emergència o d'error de l'enllumenat normal.

##### 12.5. Exigència bàsica SU 5: Seguretat contra el risc causat per situacions amb alta ocupació

S'ha de limitar el risc causat per situacions amb alta ocupació facilitant la circulació de les persones i la sectorització amb elements de protecció i contenció en previsió del risc d'esclafament.

**12.6. Exigència bàsica SU 6: Seguretat contra el risc d'ofegament**

S'ha de limitar el *risc* de caigudes que puguin derivar en ofegament en piscines, dipòsits, pous i similars mitjançant elements que en restringeixin l'accés.

**12.7. Exigència bàsica SU 7: Seguretat contra el risc causat per vehicles en moviment**

S'ha de limitar el *risc* causat per vehicles en moviment tenint en compte els tipus de paviments i la senyalització i protecció de les zones de circulació rodada i de les persones.

**12.8. Exigència bàsica SU 8: Seguretat contra el risc causat per l'acció del llamp**

S'ha de limitar el *risc* d'electrocució i d'incendi causat per l'acció del llamp mitjançant instal·lacions adequades de protecció contra el llamp.

## II Àmbit d'aplicació

L'àmbit d'aplicació d'aquest DB és el que estableix amb caràcter general per al conjunt del CTE l'article 2 de la part 1. El seu contingut es refereix únicament a les exigències bàsiques relacionades amb el requisit bàsic "Seguretat d'ús". També s'han de complir les exigències bàsiques de la resta de requisits bàsics, possible mitjançant l'aplicació del DB corresponent a cadascun d'aquests.

La protecció davant de riscos relacionats amb instal·lacions i equips s'aconsegueix mitjançant el compliment dels seus reglaments específics.

## III Criteris generals d'aplicació

Es poden utilitzar altres solucions diferents de les contingudes en aquest DB; en aquest cas, s'ha de seguir el procediment establert a l'article 5 del CTE i documentar al projecte el compliment de les exigències bàsiques.

Les citacions de normes equivalents a normes EN la referència de les quals hagi estat publicada al *Diari Oficial de la Unió Europea*, en el marc de l'aplicació de la Directiva 89/106/CEE sobre productes de construcció o altres directives, s'han de relacionar amb la versió de la referència esmentada.

## IV Condicions particulars per al compliment del DB-SU

L'aplicació dels procediments d'aquest DB s'ha de portar a terme d'acord amb les condicions particulars que s'hi estableixen i amb les condicions generals per al compliment del CTE, les condicions del projecte, les condicions en l'execució de les obres i les condicions de l'edifici que apareixen als articles 5, 6, 7 i 8, respectivament, de la part I del CTE.

## V Terminologia

Als efectes d'aplicació d'aquest DB, els termes que apareixen en lletra cursiva s'han d'utilitzar segons el significat i les condicions que s'estableixen per a cadascun d'aquests o bé a l'annex A d'aquest DB, quan es tracti de termes relacionats únicament amb el requisit bàsic "Seguretat d'ús", o bé a l'annex III de la part I d'aquest CTE, quan siguin termes d'ús comú en el conjunt del Codi.

# Índex

## **Secció SU 1 Seguretat contra el risc de caigudes**

- 1 Relliscositat dels terres**
- 2 Discontinuitats en el paviment**
- 3 Desnivells**
  - 3.1 Protecció dels desnivells
  - 3.2 Característiques de les barreres de protecció
- 4 Escales i rampes**
  - 4.1 Escales d'ús *restringit*
  - 4.2 Escales d'ús *general*
  - 4.3 Rampes
  - 4.4 Passadissos escalonats d'accés a localitats en graderies i tribunes
  - 4.5 Escales fixes
- 5 Neteja dels envidraments exteriors**

## **Secció SU 2 Seguretat contra el risc d'impacte o d'atrapament**

- 1 Impacte**
  - 1.1 Impacte amb elements fixos
  - 1.2 Impacte amb elements practicables
  - 1.3 Impacte amb elements fràgils
  - 1.4 Impacte amb elements insuficientment perceptibles
- 2 Atrapament**

## **Secció SU 3 Seguretat contra el risc d'immobilització en recintes**

## **Secció SU 4 Seguretat contra el risc causat per il·luminació inadequada**

- 1 Enllumenat normal**
- 2 Enllumenat d'emergència**
  - 2.1 Dotació
  - 2.2 Posició i característiques de les lluminàries
  - 2.3 Característiques de la instal·lació
  - 2.4 Il·luminació dels senyals de seguretat

## **Secció SU 5 Seguretat contra el risc causat per situacions d'alta ocupació**

- 1 Àmbit d'aplicació**
- 2 Condicions de les graderies per a espectadors drets**

**Secció SU 6 Seguretat contra el risc d'ofegament**

- 1 Piscines**
  - 1.1 Barreres de protecció
  - 1.2 Característiques del vas de la piscina
  - 1.3 Andanes
  - 1.4 Escales
- 2 Pous i dipòsits**

**Secció SU 7 Seguretat contra el risc causat per vehicles en moviment**

- 1 Àmbit d'aplicació**
- 2 Característiques constructives**
- 3 Protecció de recorreguts de vianants**
- 4 Senyalització**

**Secció SU 8 Seguretat contra el risc causat per l'acció del llamp**

- 1 Procediment de verificació**
- 2 Tipus d'instal·lació exigit**

**Annex A Terminologia**

**Annex B Característiques de les instal·lacions de protecció davant del llamp**

## Secció SU 1

### Seguretat contra el risc de caigudes

#### 1 Relliscositat dels terres

- 1 Amb la finalitat de limitar el risc de relliscada, els terres dels edificis o zones d'ús sanitari, docent, comercial, administratiu, aparcament i pública concurrència, excloses les zones d'ús restringit, han de tenir una classe adequada d'acord amb el punt 3 d'aquest apartat.
- 2 Els terres es classifiquen, en funció del seu valor de resistència al lliscament  $R_d$ , d'acord amb el que estableix la taula 1.1:

Taula 1.1 Classificació dels terres segons la seva relliscositat

Resistència al lliscament $R_d$	Classe
$R_d \leq 15$	0
$15 < R_d \leq 35$	1
$35 < R_d \leq 45$	2
$R_d > 45$	3

El valor de resistència al lliscament  $R_d$  es determina mitjançant l'assaig del pèndol descrit a l'annex A de la norma UNE-ENV 12633:2003 utilitzant l'escala C en provetes sense desgast accelerat. La mostra seleccionada ha de ser representativa de les condicions més desfavorables de relliscositat.

- 3 La taula 1.2 indica la classe que han de tenir els terres, com a mínim, en funció de la seva localització. Aquesta classe s'ha de mantenir durant la vida útil del paviment.

Taula 1.2 Classe exigible als terres en funció de la seva localització

Localització i característiques del terra	Classe
Zones interiors seques	
- superfícies amb pendent inferior al 6%	1
- superfícies amb pendent igual o superior al 6% i escales	2
Zones interiors humides, com ara les entrades als edificis des de l'espai exterior <sup>(1)</sup> , terrasses cobertes, vestidors, dutxes, banys, lavabos, cuines, etc.	
- superfícies amb pendent inferior al 6%	2
- superfícies amb pendent igual o superior al 6% i escales	3
Zones interiors on, a més d'aigua, hi pugui haver agents (greixos, lubricants, etc.) que redueixin la resistència al lliscament, com ara cuines industrials, escorxadors, aparcaments, zones d'ús industrial, etc.	3
Zones exteriors. Piscines <sup>(2)</sup> .	3

<sup>(1)</sup> **Excepte** quan es tracti d'accessos directes a zones d'ús restringit.

<sup>(2)</sup> En zones previstes per a usuaris descalços i en el fons dels vasos, en les zones en què la profunditat no excedeixi els 1,50 m.

## 2 Discontinuitats en el paviment

- 1 Excepte en zones d'*ús restringit* i amb la finalitat de limitar el risc de caigudes com a conseqüència de relliscada o d'ensopegades, el terra ha de complir les condicions següents:
  - a) no presentar imperfeccions o irregularitats que suposin una diferència de nivell de més de 6 mm;
  - b) els desnivells que no excedeixin els 50 mm s'han de resoldre amb un pendent que no excedeixi el 25%;
  - c) en zones interiors per a circulació de persones, el terra no ha de presentar perforacions o buits pels quals es pugui introduir una esfera de 15 mm de diàmetre.
- 2 Quan es col·loquin barreres per delimitar zones de circulació, han de tenir una altura de 800 mm, com a mínim.
- 3 En zones de circulació no es pot disposar un esglaó aïllat, ni dos de consecutius, excepte en els casos següents:
  - a) en zones d'*ús restringit*;
  - b) a les zones comunes dels edificis d'*ús residencial habitatge*;
  - c) als accessos als edificis, bé des de l'exterior, bé des de porxos, aparcaments, etc. (vegeu la figura 2.1);
  - d) en sortides d'ús previst únicament en cas d'emergència;
  - e) en l'accés a una estrada o escenari.

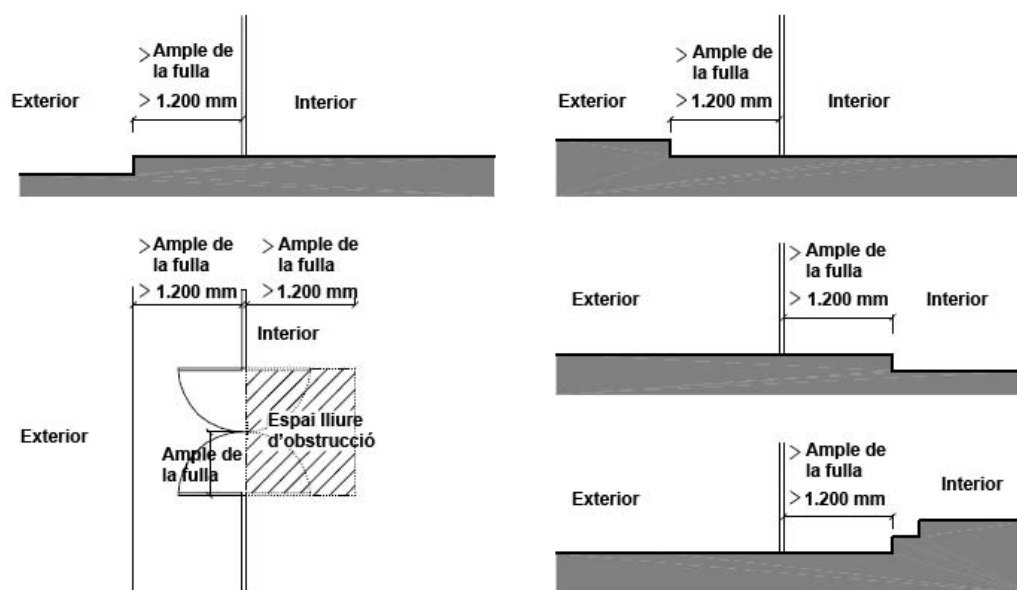


Figura 2.1 Distància entre la porta d'accés i l'esglaó més pròxim

- 4 Excepte en edificis d'*ús residencial habitatge*, la distància entre el pla d'una porta d'accés a un edifici i l'esglaó més pròxim ha de ser superior als 1.200 mm i a l'amplada de la fulla (vegeu la figura 2.1).

## 3 Desnivells

### 3.1 Protecció dels desnivells

- 1 Amb la finalitat de limitar el risc de caiguda, hi ha d'haver barreres de protecció als desnivells, buits i obertures (tant horitzontals com verticals), balcons, finestres, etc. amb una diferència de cota superior a 550 mm, excepte quan la disposició constructiva faci molt improbable la caiguda o quan la barreira sigui incompatible amb l'ús previst.



- 2 A les zones de públic (persones no familiaritzades amb l'edifici) s'ha de facilitar la percepció de les diferències de nivell que no excedeixin els 550 mm i que siguin susceptibles de causar caigudes, mitjançant diferenciació visual i tàctil. La diferenciació ha d'estar a una distància de 250 mm del marge, com a mínim.

## 3.2 Característiques de les barreres de protecció

### 3.2.1 Altura

- 1 Les barreres de protecció han de tenir, com a mínim, una altura de 900 mm quan la diferència de cota que protegeixen no excedeixi els 6 m i de 1.100 mm a la resta dels casos, excepte en el cas d'ulls d'escapes d'amplada inferior a 400 mm, en què el passamà ha de tenir una altura de 900 mm, com a mínim.

L'altura s'ha de mesurar verticalment des del nivell del terra o, en el cas d'escapes, des de la línia d'inclinació definida pels vèrtexs dels esglaons fins al límit superior de la barrera (vegeu la figura 3.1).

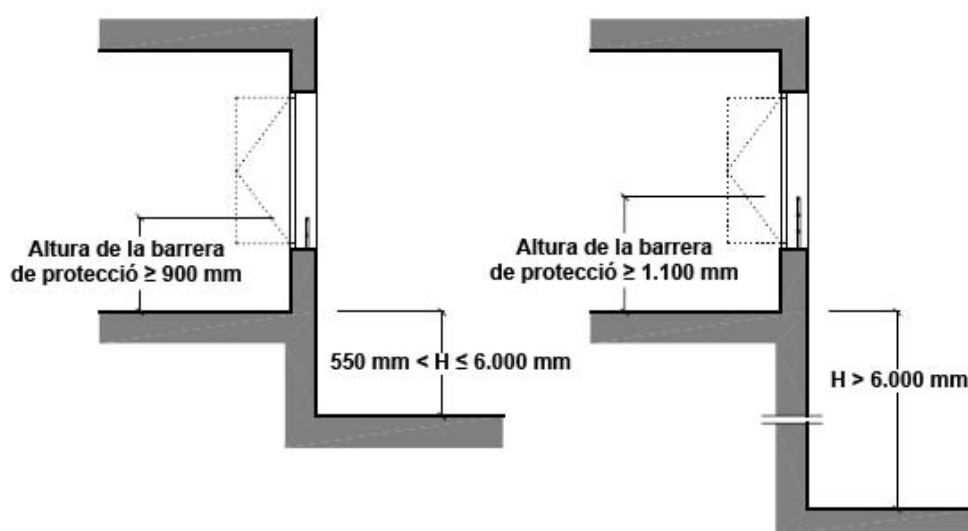


Figura 3.1 Barreres de protecció en finestres

### 3.2.2 Resistència

- 1 Les barreres de protecció han de tenir una resistència i una rigidesa suficient per resistir la força horitzontal establerta a l'apartat 3.2.1 del document bàsic SE-AE, en funció de la zona en què es trobin.

### 3.2.3 Característiques constructives

- 1 Les barreres de protecció, incloses les de les escales i rampes, situades en zones destinades al públic en *establiments d'ús comercial* o *d'ús pública concurrència*, en zones comunes d'edificis d'ús *residencial habitatge* o en escoles infantils han d'estar dissenyades de forma que:
- no puguin ser fàcilment escalades pels nens, per a la qual cosa no han d'existir punts de suport en l'altura compresa entre 200 mm i 700 mm sobre el nivell del terra o sobre la línia d'inclinació d'una escala;
  - no tinguin obertures que puguin ser travessades per una esfera de 100 mm de diàmetre, excepte les obertures triangulars que formen l'estesa i la contrapetja dels esglaons amb el límit inferior de la barana, sempre que la distància entre aquest límit i la línia d'inclinació de l'escala no excedeixi els 50 mm (vegeu la figura 3.2).

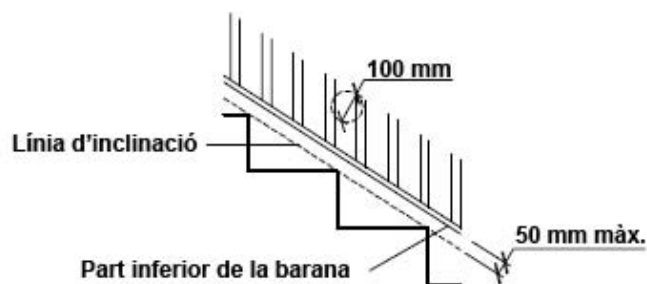


Figura 3.2 Línia d'inclinació i part inferior de la barana

Les barreres de protecció situades en zones destinades al públic en edificis o establiments d'usos diferents dels esmentats anteriorment únicament han de complir la condició b) anterior, tenint en compte una esfera de 150 mm de diàmetre.

### 3.2.4 Barreres situades davant d'una fila de seients fixos

- 1 L'altura de les barreres de protecció situades davant d'una fila de seients fixos es pot reduir fins a 700 mm si la barreira de protecció incorpora un element horitzontal de 500 mm d'amplada, com a mínim, situat a una altura de 500 mm, com a mínim. En aquest cas, la barreira de protecció ha de ser capaç de resistir una força horitzontal al marge superior de 3 kN/m i, simultàniament, una força vertical uniforme d'1,0 kN/m, com a mínim, aplicada al marge exterior (vegeu la figura 3.3).

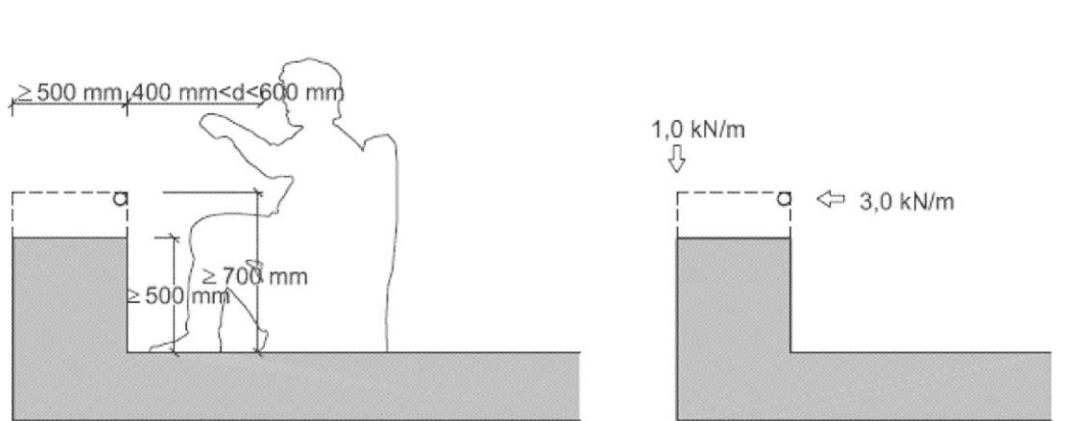


Figura 3.3 Barrera de protecció davant de seients fixos

## 4 Escales i rampes

### 4.1 Escales d'ús restringit

- 1 L'amplada de cada tram ha de ser de 800 mm, com a mínim.
- 2 La contrapetja ha de ser de 200 mm, com a màxim, i l'estesa de 220 mm, com a mínim. La dimensió de qualsevol estesa s'ha de mesurar, en cada esglaó, segons la direcció de la marxa.  
En escales de traçat corb, l'estesa s'ha de mesurar en l'eix de l'escala, quan l'amplada d'aquesta sigui inferior a 1.000 mm, i a 500 mm del costat més estret quan sigui més gran. A més, l'estesa ha de mesurar 50 mm, com a mínim, a la banda més estreta i 440 mm, com a màxim, a la banda més ampla.
- 3 Es poden disposar replans partits amb esglaons a 45° i esglaons sense tapa. En aquest últim cas la projecció de les esteses s'ha de superposar almenys 25 mm (vegeu la figura 4.1). La mesura de l'estesa no ha d'incloure la projecció vertical de l'estesa de l'esglaó superior.

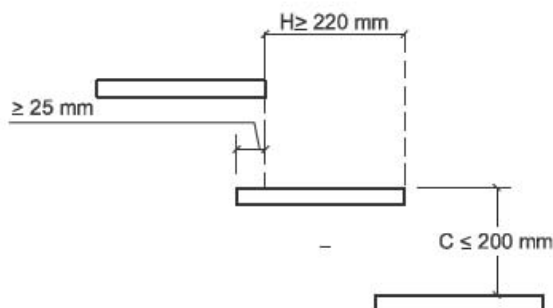


Figura 4.1 Esglaons sense tapa

## 4.2 Escales d'ús general

### 4.2.1 Esglaons

- 1 En trams rectes, l'estesa ha de mesurar 280 mm, com a mínim, i la contrapetja, 130 mm, com a mínim, i 185 mm, com a màxim, excepte en escoles infantils, centres d'ensenyament primari o secundari i edificis utilitzats principalment per ancians, on la contrapetja ha de mesurar 170 mm, com a màxim.

L'estesa H i la contrapetja C han de complir al llarg d'una mateixa escala la relació següent:

$$540 \text{ mm} \leq 2C + H \leq 700 \text{ mm}$$

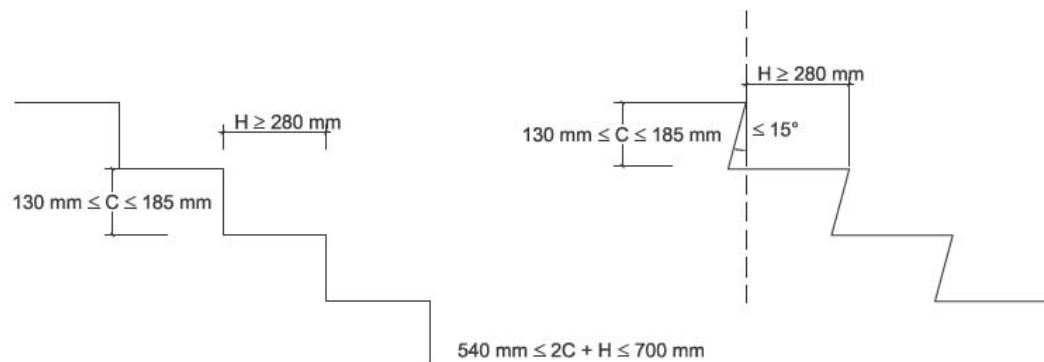


Figura 4.2 Configuració dels esglaons

- 2 En les escales previstes per a evacuació ascendent i en les utilitzades preferentment per nens, ancians o persones amb discapacitat no s'admeten els esglaons sense tapa ni amb bossell. Les tapes han de ser verticals o inclinades i han de formar un angle que no excedeixi els 15° amb la vertical (vegeu la figura 4.2).

## Document bàsic SU Seguretat d'ús

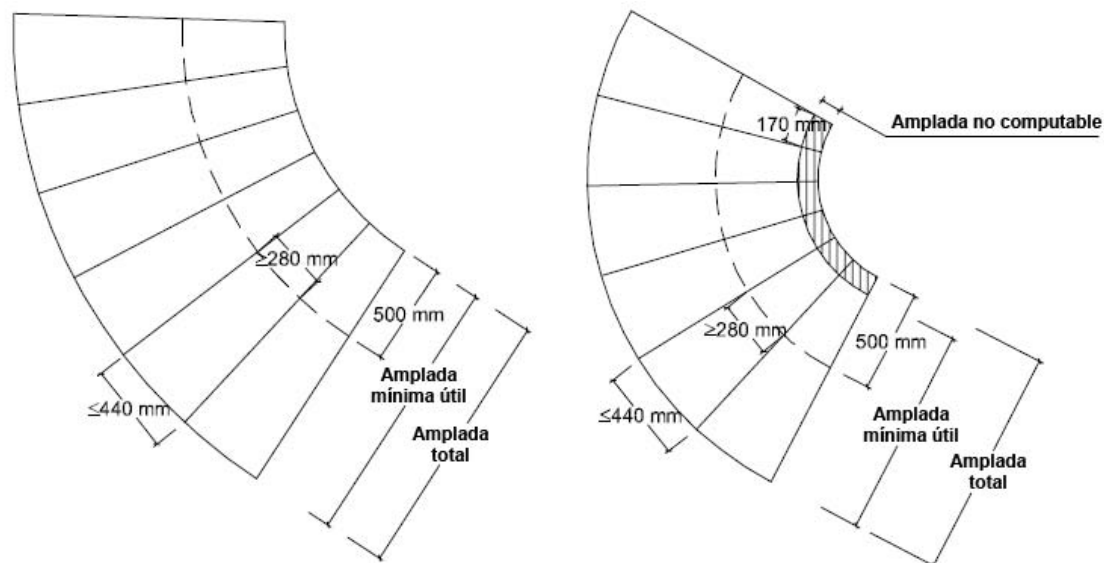


Figura 4.3 Escala amb traçat corb

- 3 En trams corbs, l'estesa ha de mesurar 280 mm, com a mínim, a una distància de 500 mm del marge interior i 440 mm, com a màxim, al marge exterior (vegeu la figura 4.3). A més, s'ha de complir la relació indicada al punt anterior a 500 mm dels dos extrems. La dimensió de tota estesa s'ha de mesurar, en cada esglaó, segons la direcció de la marxa.
- 4 La mesura de l'estesa no ha d'incloure la projecció vertical de l'estesa de l'esglaó superior.

#### 4.2.2 Trams

- 1 Excepte en els casos admesos al punt 3 de l'apartat 2 d'aquesta secció, cada tram ha de tenir 3 esglaons, com a mínim, i ha de salvar una altura de 3,20 m, com a màxim. L'altura màxima que pot salvar un tram és 2,50 m en *ús sanitari* i 2,10 m en escoles infantils, centres d'ensenyament primari i edificis utilitzats principalment per ancians.
- 2 Els trams poden ser rectes, corbs o mixtos, excepte en zones d'hospitalització i tractaments intensius, en escoles infantils i en centres d'ensenyament primari o secundari, on els trams únicament poden ser rectes.
- 3 En una mateixa escala, tots els esglaons han de tenir la mateixa contrapetja i tots els esglaons dels trams rectes han de tenir la mateixa estesa.  
En els trams corbs el radi de curvatura ha de ser constant i tots els esglaons han de tenir la mateixa estesa mesurada al llarg de tota línia equidistant d'un dels costats de l'escala. En trams mixtos, l'estesa mesurada en l'eix del tram en les parts corbes no ha de ser inferior a l'estesa en les parts rectes.
- 4 L'amplada útil del tram s'ha de determinar d'acord amb les exigències d'evacuació establertes en l'apartat 4 de la secció SI 3 del DB-SI i ha de ser, com a mínim, la indicada a la taula 4.1.

Taula 4.1 Escales d'ús general. Amplada mínima útil de tram en funció de l'ús

Ús d'edifici o zona	Amplada útil mínima mm
<i>Sanitari</i>	
- Zones destinades a pacients interns o externs amb recorreguts que obliguen a girs iguals o superiors a 90°	1.400
- Altres zones	1.200
<i>Docent amb escolarització infantil, en centres d'ensenyament primari i secundari</i>	1.200
<i>Pública concurrència i comercial</i>	1.200
Altres	1.000

## Document bàsic SU Seguretat d'ús

- 5 L'amplada de l'escala ha d'estar lliure d'obstacles. L'amplada mínima útil s'ha de mesurar entre parets o barreres de protecció, sense descomptar l'espai ocupat pel passamà sempre que no sobresurti més de 120 mm de la paret o barrera de protecció. En trams corbs, l'amplada útil ha d'excloure les zones en què la dimensió de l'estesa sigui inferior a 170 mm.

#### 4.2.3 Replans

- 1 Els replans disposats entre trams d'una escala amb la mateixa direcció han de tenir almenys l'amplada de l'escala i una longitud mesurada en el seu eix de 1.000 mm, com a mínim.
- 2 Quan hi hagi un canvi de direcció entre dos trams, l'amplada de l'escala no s'ha de reduir al llarg del replà (vegeu la figura 4.4). La zona delimitada per l'amplada esmentada ha d'estar lliure d'obstacles i no s'ha de veure afectada pel gir d'obertura de cap porta, excepte les de *zones d'ocupació nul·la* definides a l'annex SI A del DB SI.
- 3 En zones d'hospitalització o de tractaments intensius, la profunditat dels replans en què el recorregut obligui a girs de 180° ha de ser de 1.600 mm, com a mínim.
- 4 En els replans de planta de les escales de zones de públic (persones no familiaritzades amb l'edifici) s'ha de disposar una franja de paviment tàctil en l'arrencada dels trams descendents, amb la mateixa amplada que el tram i una profunditat de 800 mm, com a mínim. En els replans esmentats no hi ha d'haver portes ni passadissos d'amplada inferior a 1.200 mm situats a menys de 400 mm de distància del primer esgló d'un tram.

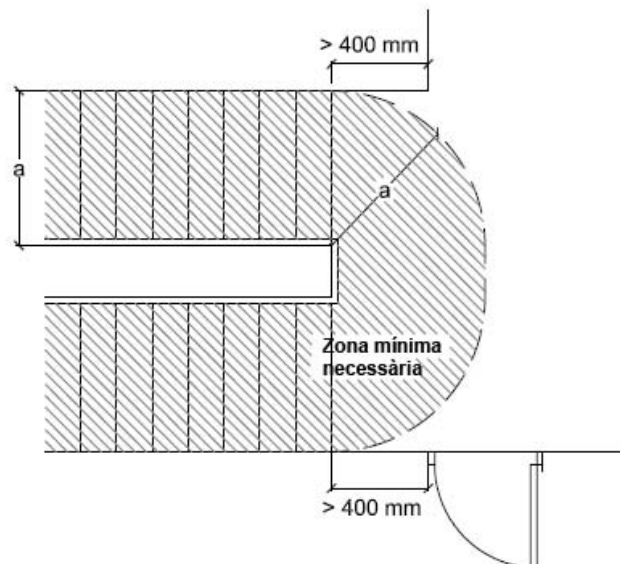


Figura 4.4 Canvi de direcció entre dos trams

#### 4.2.4 Baranatge

- 1 Les escales que salvin una altura superior a 550 mm han de disposar de passamans continus almenys en un costat. Quan la seva amplada lliure excedeixi els 1.200 mm o estiguin previstes per a persones amb mobilitat reduïda, han de disposar de passamans als dos costats.
- 2 S'han de disposar passamans intermedis quan l'amplada del tram sigui superior a 2.400 mm. La separació entre passamans intermedis ha de ser de 2.400 mm, com a màxim, excepte en escalinates de caràcter monumental, en què almenys se n'ha de disposar un.
- 3 El passamà ha d'estar a una altura compresa entre 900 i 1.100 mm. Per a usos en què hi hagi presència habitual de nens, com ara ús docent infantil i primari, s'ha de disposar un altre passamà a una altura compresa entre 650 i 750 mm.
- 4 El passamà ha de ser ferm i fàcil d'agafar, ha d'estar separat del parament almenys 40 mm i el seu sistema de subjecció no ha d'interferir el pas continu de la mà.

### 4.3 Rampes

- 1 Les rampes el pendent de les quals excedeixi el 6% han de complir el que estableixen els apartats que apareixen a continuació, excepte les d'ús restringit i les de circulació de vehicles en aparcaments que també estiguin previstes per a la circulació de persones. Aquestes últimes han de satisfer el pendent màxim que els estableix l'apartat 4.3.1 següent, així com les condicions de la secció SU 7.

#### 4.3.1 Pendent

- 1 Les rampes han de tenir un pendent del 12%, com a màxim, excepte:
  - a) Les previstes per a *usuaris* en cadires de rodes, el pendent de les quals ha de ser, com a màxim, del 10% quan la seva longitud sigui inferior a 3 m, del 8% quan la longitud sigui inferior a 6 m i del 6% a la resta dels casos.
  - b) Les de circulació de vehicles en aparcaments que també estiguin previstes per a la circulació de persones, el pendent de les quals ha de ser, com a màxim, del 18%.

#### 4.3.2 Trams

- 1 Els trams han de tenir una longitud de 15 m com a màxim, excepte si la rampa està destinada a *usuaris* en cadires de rodes; en aquest cas, la longitud del tram ha de ser de 9 m, com a màxim. L'amplada útil s'ha de determinar d'acord amb les exigències d'evacuació establertes a l'apartat 4 de la secció SI 3 del DB-SI i ha de ser, com a mínim, la indicada per a escales a la taula 4.1.
- 2 L'amplada de la rampa ha d'estar lliure d'obstacles. L'amplada mínima útil s'ha de mesurar entre parets o barreres de protecció, sense descomptar l'espai ocupat pels passamans, sempre que aquests no sobresurtin més de 120 mm de la paret o barrera de protecció.
- 3 Si la rampa està prevista per a *usuaris* en cadires de rodes els trams han de ser rectes i d'una amplada constant de 1.200 mm, com a mínim. Si a més té marges lliures, aquests han de tenir un sòcol o element de protecció lateral de 100 mm d'altura, com a mínim.

#### 4.3.3 Replans

- 1 Els replans disposats entre els trams d'una rampa amb la mateixa direcció han de tenir almenys l'amplada de la rampa i una longitud, mesurada en el seu eix, de 1.500 mm, com a mínim.
- 2 Quan hi hagi un canvi de direcció entre dos trams, l'amplada de la rampa no s'ha de reduir al llarg del replà. La zona delimitada per l'amplada esmentada ha d'estar lliure d'obstacles i no s'ha de veure afectada pel gir d'obertura de cap porta, excepte les de zones d'ocupació nul·la definides a l'annex SI A del DB SI.
- 3 No hi ha d'haver portes ni passadissos d'amplada inferior a 1.200 mm situats a menys de 400 mm de distància de l'arrencada d'un tram. Si la rampa està prevista per a *usuaris* en cadires de rodes, la distància esmentada ha de ser de 1.500 mm, com a mínim.

#### 4.3.4 Passamans

- 1 Les rampes que salvin una diferència d'altura de més de 550 mm, o de 150 mm si es destinen a persones amb mobilitat reduïda, han de disposar d'un passamà continu almenys en un costat. Quan la seva amplada lliure excedeixi els 1.200 mm han de disposar de passamans als dos costats.
- 2 El passamà ha d'estar a una altura compresa entre 900 i 1.100 mm. Quan la rampa estigui prevista per a *usuaris* en cadires de rodes o usos en què hi hagi presència habitual de nens, com un ús docent infantil i primari, s'ha de disposar un altre passamà a una altura compresa entre 650 i 750 mm.
- 3 El passamà ha de ser ferm i fàcil d'agafar, ha d'estar separat del parament almenys 40 mm i el seu sistema de subjecció no ha d'interferir el pas continu de la mà.

### 4.4 Passadissos escalonats d'accés a localitats en graderies i tribunes

- 1 Els passadissos escalonats d'accés a localitats en zones d'espectadors com ara patis de butaques, anfiteatres, graderies o similars han de tenir esglaons amb dimensions constants d'estesa i contrapetja. El pis de les files d'espectadors ha de permetre l'accés al mateix nivell que l'estesa corresponent del passadís escalonat.

- 2 L'amplada dels passadissos escalonats s'ha de determinar d'acord amb les condicions d'evacuació que s'estableixen a l'apartat 4 de la secció SI 3 del DB-SI.

#### 4.5 Escales fixes

- 1 L'amplada de les escales ha d'estar compresa entre 400 mm i 800 mm. La distància entre esglaons ha de ser de 300 mm, com a màxim.
- 2 Davant de l'escala s'ha de disposar un espai lliure de 750 mm, com a mínim, mesurat des de davant dels esglaons. La distància entre la part posterior dels esglaons i l'objecte fix més pròxim ha de ser de 160 mm, com a mínim. Hi ha d'haver un espai lliure de 400 mm als dos costats de l'eix de l'escala si no està proveïda de gàbies o altres dispositius equivalents (vegeu la figura 4.5).
- 3 Quan el pas des del tram final d'una escala fins a la superfície a què dona accés suposi un risc de caiguda per falta de suports, la barana o el lateral de l'escala s'han de prolongar almenys 1.000 mm per damunt de l'últim esglaó (vegeu la figura 4.5).

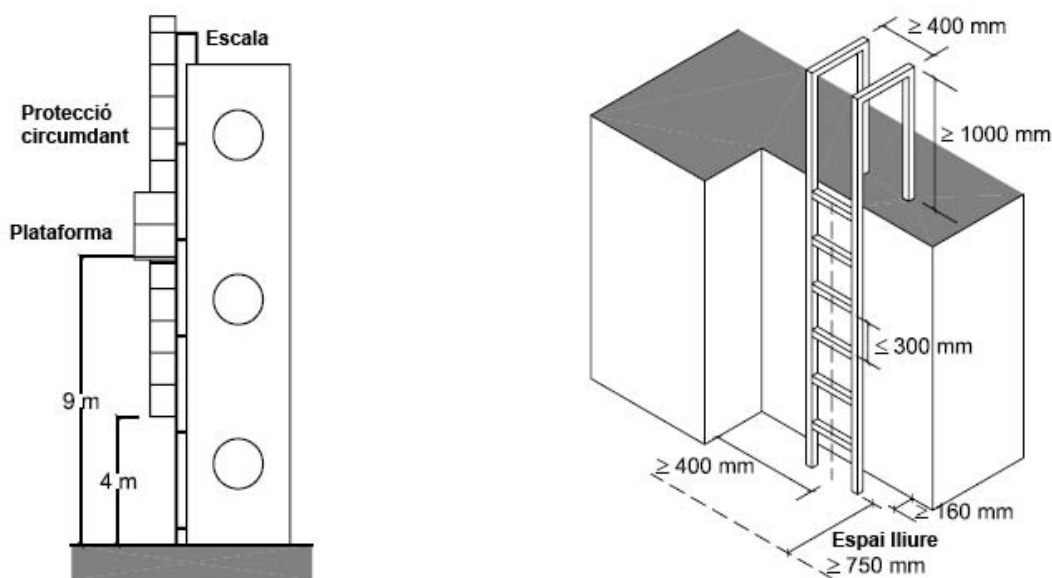
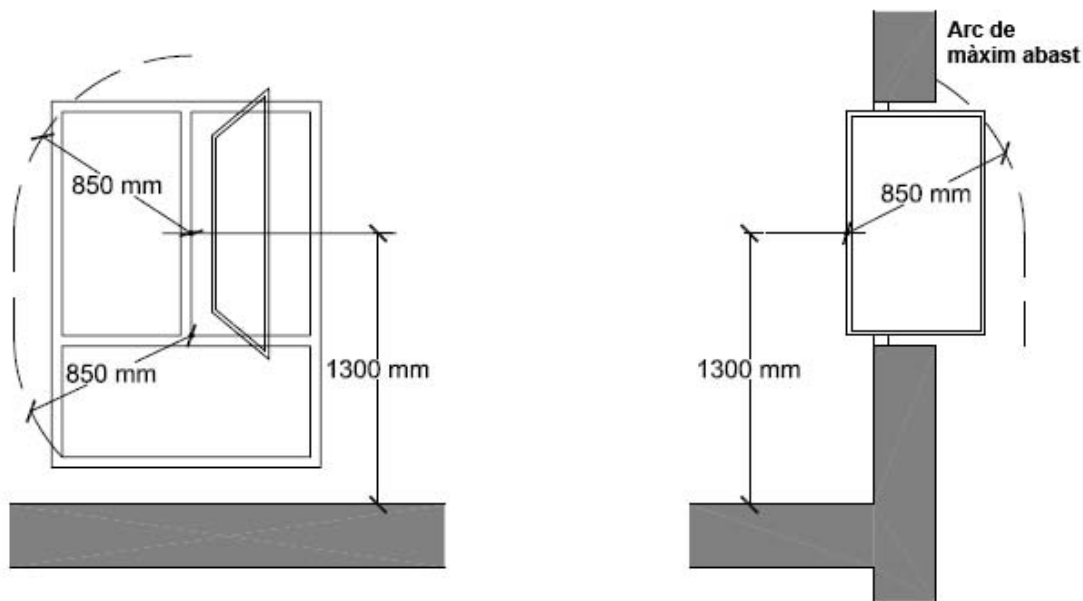


Figura 4.5 Escales

- 4 Les escales que tinguin una altura superior a 4 m han de disposar d'una protecció circumdant a partir de l'altura esmentada. Aquesta mesura no és necessària en conductes, pous angostos i altres instal·lacions que, per la seva configuració, ja proporcionin la protecció esmentada.
- 5 Si s'utilitzen escales per a altures superiors a 9 m s'han d'instal·lar plataformes de descans almenys cada 9 m (vegeu la figura 4.5).

#### 5 Neteja dels envidraments exteriors

- 1 Els envidraments dels edificis han de complir les condicions que s'indiquen a continuació, excepte quan la seva neteja estigui prevista des de l'exterior (vegeu el punt 2) o quan siguin fàcilment desmuntables:
  - a) tota la superfície de l'envidrament, tant interior com exterior, s'ha de trobar compresa en un radi de 850 mm des d'algun punt del marge de la zona practicable situat a una altura no superior a 1.300 mm. (vegeu la figura 5.1);
  - b) els envidraments reversibles han d'anar equipats amb un dispositiu que els mantingui bloquejats en la posició invertida durant la seva neteja.



**Figura 5.1 Neteja d'envidraments des de l'interior**

- 2 Quan es tingui previst netejar els envidraments des de l'exterior de l'edifici i aquests es trobin a una altura superior a 6 m, s'ha de disposar algun dels sistemes següents:
- una plataforma de manteniment, que ha de tenir una amplada de 400 mm, com a mínim, i una barrera de protecció de 1.200 mm d'altura, com a mínim. La part alta de l'envidrament ha d'estar a una altura sobre el nivell de la plataforma que no excedeixi la que s'assoleix en els procediments normals de neteja i manteniment;
  - equipaments d'accés especial, com ara góndoles, escales, arnesos, etc., per a la qual cosa ha d'estar prevista la instal·lació de punts fixos d'ancoratge a l'edifici que garanteixin la resistència adequada.



## Secció SU 2

### Seguretat contra el risc d'impacte o d'atrapament

#### 1 Impacte

##### 1.1 Impacte amb elements fixos

- 1 L'altura lliure de pas en zones de circulació ha de ser, com a mínim, de 2.100 mm en zones d'*ús restringit* i de 2.200 mm a la resta de les zones. En els llindars de les portes l'altura lliure ha de ser de 2.000 mm, com a mínim.
- 2 Els elements fixos que sobresurtin de les façanes i que estiguin situats sobre zones de circulació han d'estar a una altura de 2.200 mm, com a mínim.
- 3 En zones de circulació, les parets no han de tenir elements sortints que volin més de 150 mm a la zona d'altura compresa entre 1.000 mm i 2.200 mm mesurada a partir del terra.
- 4 S'ha de limitar el risc d'impacte amb elements volats l'altura dels quals sigui inferior a 2.000 mm, com ara replans o trams d'escala, de rampes, etc., i s'han de disposar elements fixos que en restringeixin l'accés.

##### 1.2 Impacte amb elements practicables

- 1 Excepte en zones d'*ús restringit*, les portes de pas situades en el lateral dels passadissos l'amplada de les quals sigui inferior a 2,50 m s'han de disposar de forma que l'escombrada de la fulla no envaïxi el passadís (vegeu la figura 1.1).

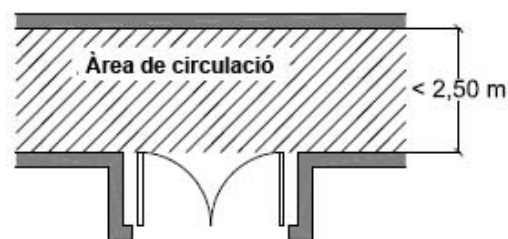


Figura 1.1 Disposició de portes laterals a vies de circulació

- 2 Les portes de vaivé situades entre zones de circulació han de tenir parts transparents o translúcides que permetin percebre l'aproximació de les persones i que cobreixin l'altura compresa entre 0,7 m i 1,5 m, com a mínim.

##### 1.3 Impacte amb elements fràgils

- 1 Les superfícies envidriades situades en les àrees amb risc d'impacte indicades al punt 2 següent han de complir les condicions que els siguin aplicables d'entre les següents, excepte quan disposin d'una barrera de protecció d'acord amb l'apartat 3.2 del SU 1:
  - a) si la diferència de cota als dos costats de la superfície envidriada està compresa entre 0,55 m i 12 m, aquesta ha de resistir sense trencar-se un impacte de nivell 2 segons el procediment descrit a la norma UNE EN 12600:2003;
  - b) si la diferència de cota és igual o superior a 12 m, la superfície envidriada ha de resistir sense trencar-se un impacte de nivell 1 segons la norma UNE EN 12600:2003;

## Document bàsic SU Seguretat d'ús

- c) en la resta dels casos la superfície envidriada ha de resistir sense trencar-se un impacte de nivell 3 o ha de tenir un *trencament de forma segura*.
- 2 S'identifiquen les àrees amb risc d'impacte següents (vegeu la figura 1.2):
- a) en portes, l'àrea compresa entre el nivell del terra, una altura de 1.500 mm i una amplada igual a la de la porta més 300 mm a cada costat;
- b) en panys fixos, l'àrea compresa entre el nivell del terra i una altura de 900 mm.

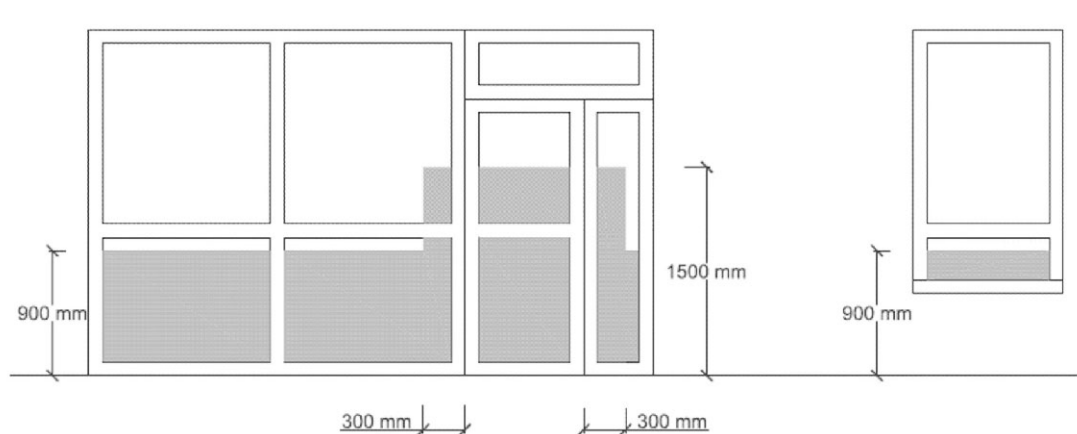


Figura 1.2 Identificació d'àrees amb risc d'impacte

- 3 Les parts envidriades de portes i de tancaments de dutxes i banyeres han d'estar constituïdes per elements laminats o temperats que resistixin sense trencament un impacte de nivell 3, segons el procediment descrit a la norma UNE EN 12600:2003.

#### 1.4 Impacte amb elements insuficientment perceptibles

- 1 Les grans superfícies envidriades que es puguin confondre amb portes o obertures han d'estar proveïdes, en tota la seva longitud, d'una senyalització situada a una altura inferior compresa entre 850 mm i 1.100 mm i a una altura superior compresa entre 1.500 mm i 1.700 mm. La senyalització esmentada no és necessària quan hi hagi muntants separats a una distància de 600 mm, com a màxim, o si la superfície envidriada té almenys un travesser situat a l'altura inferior esmentada abans.
- 2 Les portes de vidre que no disposin d'elements que permetin identificar-les, com ara bastiments o poms, han de disposar de senyalització d'acord amb l'apartat 1 anterior.

## 2 Atrapament

- 1 Amb la finalitat de limitar el risc d'atrapament produït per una porta corredora d'accionament manual, inclosos els seus mecanismes d'obertura i tancament, la distància *a* fins a l'objecte fix més pròxim ha de ser de 200 mm, com a mínim (vegeu la figura 2.1).



Figura 2.1 Amplitud per evitar atrapaments

- 2 Els elements d'obertura i tancament automàtics han de disposar de dispositius de protecció adequats al tipus d'accionament i han de complir les especificacions tècniques pròpies.

## **Secció SU 3**

### **Seguretat contra el risc d'immobilització en recintes**

#### **1 Immobilització**

- 1 Quan les portes d'un recinte tinguin dispositiu per bloquejar-se des de l'interior i les persones puguin quedar accidentalment atrapades a dins, hi ha d'haver algun sistema de desbloqueig de les portes des de l'exterior del recinte. Excepte en el cas dels banys o els lavabos d'habitatges, els recintes esmentats han de tenir il·luminació controlada des de l'interior.
- 2 Les dimensions i la disposició dels petits recintes i espais han de ser adequades per garantir als possibles *usuaris* en cadires de rodes la utilització dels mecanismes d'obertura i tancament de les portes i el gir a l'interior, lliure de l'espai escombrat per les portes.
- 3 La força d'obertura de les portes de sortida ha de ser de 140 N, com a màxim, excepte en les dels recintes a què fa referència el punt 2 anterior, en què ha de ser de 25 N, com a màxim.

## Secció SU 4

### Seguretat contra el risc causat per il·luminació inadequada

#### 1 Enllumenat normal en zones de circulació

- 1 A cada zona s'ha de disposar una instal·lació d'enllumenat capaç de proporcionar, com a mínim, el nivell d'il·luminació que s'estableix a la taula 1.1, mesurat a nivell del terra.

Taula 1.1 Nivells mínims d'il·luminació

Zona		Il·luminació mínima lux	
Exterior	Exclusiva per a persones	Escales	10
		Resta de zones	5
	Per a vehicles o mixtes		10
Interior	Exclusiva per a persones	Escales	75
		Resta de zones	50
	Per a vehicles o mixtes		50

El factor d'uniformitat mitjana ha de ser del 40%, com a mínim.

- 2 A les zones dels establiments d'ús pública concurrència en què l'activitat es du a terme amb un nivell baix d'il·luminació s'ha de disposar una il·luminació d'abaliment a les rampes i a cadascun dels esglaons de les escales.

#### 2 Enllumenat d'emergència

##### 2.1 Dotació

- 1 Els edificis han de disposar d'un enllumenat d'emergència que, en cas de fallada de l'enllumenat normal, subministri la il·luminació necessària per facilitar la visibilitat als usuaris de manera que puguin abandonar l'edifici, eviti les situacions de pànic i permeti la visió dels senyals indicatius de les sortides i la situació dels equips i mitjans de protecció existents.

Han de tenir enllumenat d'emergència les zones i els elements següents:

- qualsevol recinte amb una ocupació superior a 100 persones;
- qualsevol recorregut d'evacuació, tal com es defineixen a l'annex A del DB SI;
- els aparcaments tancats o coberts la superfície construïda dels quals excedeixi els 100 m<sup>2</sup>, inclosos els passadissos i les escales que condueixen fins a l'exterior o fins a les zones generals de l'edifici;
- els locals que continguin equips generals de les instal·lacions de protecció contra incendis i els de risc especial indicats al DB-SI 1;
- els lavabos generals de planta en edificis d'ús públic;
- els llocs en què s'ubiquen taules de distribució o d'accionament de la instal·lació d'enllumenat de les zones esmentades abans;
- els senyals de seguretat.

## 2.2 Posició i característiques de les lluminàries

- 1 Amb la finalitat de proporcionar una il·luminació adequada les lluminàries han de complir les condicions següents:
  - a) s'han de situar almenys a 2 m per damunt del nivell del terra;
  - b) se n'ha de col·locar una a cada porta de sortida i en posicions en què sigui necessari destacar un perill potencial o l'emplaçament d'un equip de seguretat. Com a mínim s'han de disposar als punts següents:
    - i) a les portes existents en els recorreguts d'evacuació;
    - ii) a les escales, de manera que cada tram d'escales rebi il·luminació directa;
    - iii) a qualsevol altre canvi de nivell;
    - iv) als canvis de direcció i a les interseccions de passadissos.

## 2.3 Característiques de la instal·lació

- 1 La instal·lació ha de ser fixa, ha d'estar proveïda de font pròpia d'energia i ha d'entrar automàticament en funcionament en produir-se una fallada d'alimentació en la instal·lació d'enllumenat normal a les zones cobertes per l'enllumenat d'emergència. Es considera fallada d'alimentació el descens de la tensió d'alimentació per sota del 70% del seu valor nominal.
- 2 L'enllumenat d'emergència de les vies d'evacuació ha d'arribar almenys al 50% del nivell d'il·luminació requerit al cap dels 5 s i al 100% al cap dels 60 s.
- 3 La instal·lació ha de complir les condicions de servei que s'indiquen a continuació durant una hora, com a mínim, a partir de l'instant en què tingui lloc la fallada:
  - a) en les vies d'evacuació amb una amplada no superior a 2 m, la il·luminació horitzontal a terra ha de ser, com a mínim, d'1 lux al llarg de l'eix central i de 0,5 lux a la banda central que comprèn almenys la meitat de l'amplada de la via. Les vies d'evacuació amb amplada superior a 2 m poden ser tractades com diverses bandes de 2 m d'amplada, com a màxim;
  - b) en els punts en què estiguin situats els equips de seguretat, les instal·lacions de protecció contra incendis d'ús manual i les taules de distribució de l'enllumenat la il·luminació horitzontal ha de ser de 5 lux, com a mínim;
  - c) al llarg de la línia central d'una via d'evacuació, la relació entre la il·luminació màxima i la mínima no ha de ser superior a 40:1;
  - d) els nivells d'il·luminació establerts s'han d'obtenir considerant nul el factor de reflexió sobre parets i sostres i tenint en compte un factor de manteniment que englobi la reducció del rendiment lluminós per causa de la brutícia de les lluminàries i l'envelliment de les làmpades;
  - e) amb la finalitat d'identificar els colors de seguretat dels senyals, el valor mínim de l'índex de rendiment cromàtic Ra de les làmpades ha de ser 40.

## 2.4 Il·luminació dels senyals de seguretat

- 1 La il·luminació dels senyals d'evacuació indicatius de les sortides i dels senyals indicatius dels mitjans manuals de protecció contra incendis i dels de primers auxilis ha de complir els requisits següents:
  - a) la *il·luminació* de qualsevol àrea de color de seguretat del senyal ha de ser almenys de 2 cd/m<sup>2</sup> en totes les direccions de visió importants;
  - b) la relació de la *il·luminació* màxima a la mínima dins del color blanc o de seguretat no ha de ser més gran de 10:1. S'han d'evitar variacions importants entre punts adjacents;
  - c) la relació entre la *il·luminació*  $L_{\text{blanca}}$  i la *il·luminació*  $L_{\text{color}} > 10$  no ha de ser inferior a 5:1 ni superior a 15:1;
  - d) els senyals de seguretat han d'estar il·luminats almenys al 50% de la *il·luminació* requerida, al cap de 5 s, i al 100% al cap de 60 s.

## Secció SU 5

### Seguretat contra el risc causat per situacions d'alta ocupació

#### 1 Àmbit d'aplicació

- 1 Les condicions establertes en aquesta secció són aplicables a les graderies d'estadis, pavellons poli-esportius, centres de reunió, altres edificis d'ús cultural, etc. previstos per a més de 3.000 espectadors drets.<sup>1</sup> A tot el relatiu a les condicions d'evacuació també és aplicable la secció SI 3 del document bàsic DB-SI.

#### 2 Condicions de les graderies per a espectadors drets

- 1 El pendent no ha de ser superior a 50%.
- 2 La longitud d'una fila que tingui accessos des de passadissos situats en els seus dos extrems ha de ser de 20 m, com a màxim. Quan la fila només disposi d'accés per un extrem, la longitud d'aquesta ha de ser de 10 m, com a màxim.
- 3 L'amplada útil dels passadissos s'ha de determinar d'acord amb les exigències establertes al capítol 4 de la secció SI 3 del DB-SI.
- 4 La diferència de cota entre qualsevol fila d'espectadors i alguna sortida de la graderia ha de ser de 4 m, com a màxim.
- 5 En graderies i tribunes amb més de cinc files i el pendent de les quals excedeixi el 6% s'ha de disposar una barrera contínua o trencant de 1.100 mm d'altura, com a mínim, davant de la primera fila, així com barreres addicionals de la mateixa altura a la distància horitzontal que s'indica a la taula 2.1 en funció del pendent de la graderia.

Taula 2.1 Distància màxima entre barreres

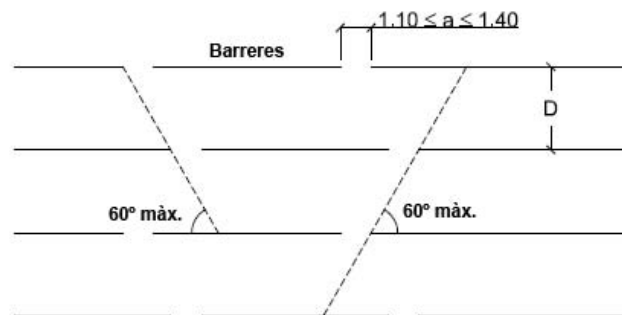
Pendent	Distància entre barreres D m
$6\% \leq P \leq 10\%$	5
$10\% < P \leq 25\%$	4
$25\% < P \leq 50\%$	3

Les barreres han de resistir una força horitzontal de 5,0 kN/m aplicada al marge superior.

No hi ha d'haver més de dues obertures alineades en files successives de barreres. La línia que uneix en planta les obertures esmentades ha de formar un angle inferior a 60° respecte a les barreres (vegeu la figura 2.1). Les obertures han de tenir una amplada compresa entre 1,10 m i 1,40 m.

<sup>(1)</sup> Tenint en compte la densitat d'ocupació de 4 persones / m<sup>2</sup> que s'estableix al capítol 2 de la secció 3 del DB-SI.

## Document bàsic SU Seguretat d'ús

**Figura 2.1 Línies successives de barreres en planta**

## **Secció SU 6**

### **Seguretat contra el risc d'ofegament**

#### **1 Piscines**

- 1 Aquesta secció és aplicable a les piscines d'ús col·lectiu, excepte a les destinades exclusivament a competició o a ensenyament, que han de tenir les característiques pròpies de l'activitat que s'hi dugui a terme.

Queden excloses les piscines d'habitatges unifamiliars, així com els banys termals, els centres de tractament d'hidroteràpia i altres dedicats a usos exclusivament mèdics, els quals han de complir el que disposi la seva reglamentació específica.

##### **1.1 Barreres de protecció**

- 1 Les piscines en què l'accés de nens a la zona de bany no estigui controlat han de disposar de barreres de protecció que impedeixin l'accés al vas excepte a través de punts previstos per a això, els quals han de tenir elements practicables amb sistema de tancament i bloqueig.
- 2 Les barreres de protecció han de tenir una altura mínima de 1.200 mm, han de resistir una força horitzontal aplicada al marge superior de 0,5 kN/m i han de tenir les condicions constructives establertes a l'apartat 3.2.3 de la secció SU 1.

##### **1.2 Característiques del vas de la piscina**

###### **1.2.1 Profunditat**

- 1 La profunditat del vas en piscines infantils ha de ser de 500 mm, com a màxim. A la resta de piscines la profunditat ha de ser de 3.000 mm, com a màxim, i han de tenir zones la profunditat de les quals ha de ser inferior a 1.400 mm.
- 2 S'han de senyalitzar els punts on se superi la profunditat de 1.400 mm, i igualment s'ha de senyalitzar el valor de la profunditat màxima i la mínima en els seus punts corresponents mitjançant rètols almenys en les parets del vas i en l'andana, amb la finalitat de facilitar-ne la visibilitat, tant des de dins com des de fora del vas.

###### **1.2.2 Pendent**

- 1 Els canvis de profunditat s'han de resoldre mitjançant pendents que han de ser, com a màxim, els següents:
  - a) en piscines infantils, el 6%;
  - b) en piscines d'esbarjo o polivalents, el 10 % fins a una profunditat de 1.400 mm i el 35% a la resta de les zones.

###### **1.2.3 Buits**

- 1 Els buits practicats al vas han d'estar protegits mitjançant reixes o un altre dispositiu de seguretat que impedeixin l'atrapament dels usuaris.



**1.2.4 Materials**

- 1 En zones la profunditat de les quals no excedeixi els 1.500 mm, el material del fons ha de ser de classe 3 en funció de la seva relliscositat, determinada d'acord amb el que s'especifica a l'apartat 1 de la secció SU 1.
- 2 El revestiment interior del vas ha de ser de color clar amb la finalitat de permetre la visió del fons.

**1.3 Andanes**

- 1 L'andana o platja que circumda el vas ha de complir el que estableix l'apartat 1 de la secció SU 1, ha de tenir una amplada de 1.200 mm, com a mínim, i la seva construcció ha d'evitar l'entollament.

**1.4 Escales**

- 1 Excepte en les piscines infantils, les escales han de tenir una profunditat sota l'aigua de 1.000 mm, com a mínim, o bé fins a 300 mm per damunt del terra del vas.
- 2 Les escales s'han de col·locar a la proximitat dels angles del vas i als canvis de pendent, de forma que no distin més de 15 m entre si. Han de tenir esglaons antilliscants, no han de tenir arestes vives i no han de sobresortir del pla de la paret del vas.

**2 Pous i dipòsits**

- 1 Els pous, dipòsits o conduccions obertes que siguin accessibles a persones i presentin risc d'ofegament han d'estar equipats amb sistemes de protecció, com ara tapes o reixetes, amb rigidesa i resistència suficient, així com amb tancaments que impedeixin que personal no autoritzat els obri.

## Secció SU 7

### Seguretat contra el risc causat per vehicles en moviment

#### 1 Àmbit d'aplicació

- 1 Aquesta secció és aplicable a les zones d'ús *aparcament* i vies de circulació de vehicles existents als edificis, a excepció dels aparcaments dels habitatges unifamiliars.

#### 2 Característiques constructives

- 1 Les zones d'ús *aparcament* han de disposar d'un espai d'accés i espera en la seva incorporació a l'exterior, amb una profunditat adequada a la longitud del tipus de vehicle i de 4,5 m, com a mínim, i un pendent del 5%, com a màxim.
- 2 L'accés als aparcaments ha de permetre l'entrada i sortida frontal dels vehicles sense que sigui necessari realitzar maniobres de marxa endarrere.
- 3 Hi ha d'haver almenys un accés de vianants independent. Perquè un accés de vianants contigu al vial per a vehicles es pugui considerar com a independent ha de complir les condicions següents:
  - a) La seva amplada ha de ser de 800 mm, com a mínim.
  - b) Ha d'estar protegit, bé mitjançant barreres de protecció de 800 mm d'altura, com a mínim, bé mitjançant paviment a un nivell més elevat. En aquest cas el desnivell ha de complir el que s'especifica a l'apartat 3.1 de la secció SU 1.
- 4 Les pintures o marques utilitzades per a la senyalització horitzontal o marques vials han de ser de classe 3 en funció de la seva rellescositat, determinada d'acord amb el que s'especifica a l'apartat 1 de la secció SU 1.

#### 3 Protecció de recorreguts de vianants

- 1 En plantes d'aparcament amb capacitat superior a 200 vehicles o amb superfície superior a 5.000 m<sup>2</sup>, els itineraris de vianants utilitzables pel públic (persones no familiaritzades amb l'edifici) s'han d'identificar mitjançant paviment diferenciat amb pintures o relleu, o bé dotant les zones esmentades d'un nivell més elevat. Quan el desnivell esmentat superi els 550 mm, s'ha de protegir de conformitat amb el que estableix l'apartat 3.2 de la secció SU 1.
- 2 Davant de les portes que comuniquen l'aparcament amb altres zones, els itineraris esmentats s'han de protegir mitjançant la disposició de barreres situades a una distància de les portes de 1.200 mm, com a mínim, i amb una altura de 800 mm, com a mínim.

#### 4 Senyalització

- 1 S'ha de senyalitzar, de conformitat amb el que estableix el Codi de la circulació:
  - a) el sentit de la circulació i les sortides;
  - b) la velocitat màxima de circulació de 20 km/h;
  - c) les zones de trànsit i pas de vianants, a les vies o rampes de circulació i accés.Els aparcaments a què pugui accedir transport pesat han de tenir senyalitzats, a més, els gàlils i les altures limitades.
- 2 Les zones destinades a emmagatzematge i a càrrega o descàrrega han d'estar senyalitzades i delimitades mitjançant marques vials o pintures en el paviment.

## Secció SU 8

### Seguretat contra el risc causat per l'acció del llamp

#### 1 Procediment de verificació

- 1 És necessària la instal·lació d'un sistema de protecció contra el llamp quan la freqüència esperada d'impactes  $N_e$  sigui superior al risc admissible  $N_a$ .
- 2 Els edificis en què es manipulin substàncies tòxiques, radioactives, altament inflamables o explosives i els edificis l'altura dels quals sigui superior a 43 m han de disposar sempre de sistemes de protecció contra el llamp d'eficiència E superior o igual a 0,98, segons el que indica l'apartat 2.
- 3 La freqüència esperada d'impactes,  $N_e$ , es pot determinar mitjançant l'expressió:

$$N_e = N_g A_e C_1 10^{-6} \quad \text{[nombre impactes/any]} \quad (1.1)$$

on:

$N_g$  densitat d'impactes sobre el terreny (nombre impactes/any,  $\text{km}^2$ ), obtinguda segons la figura 1.1.

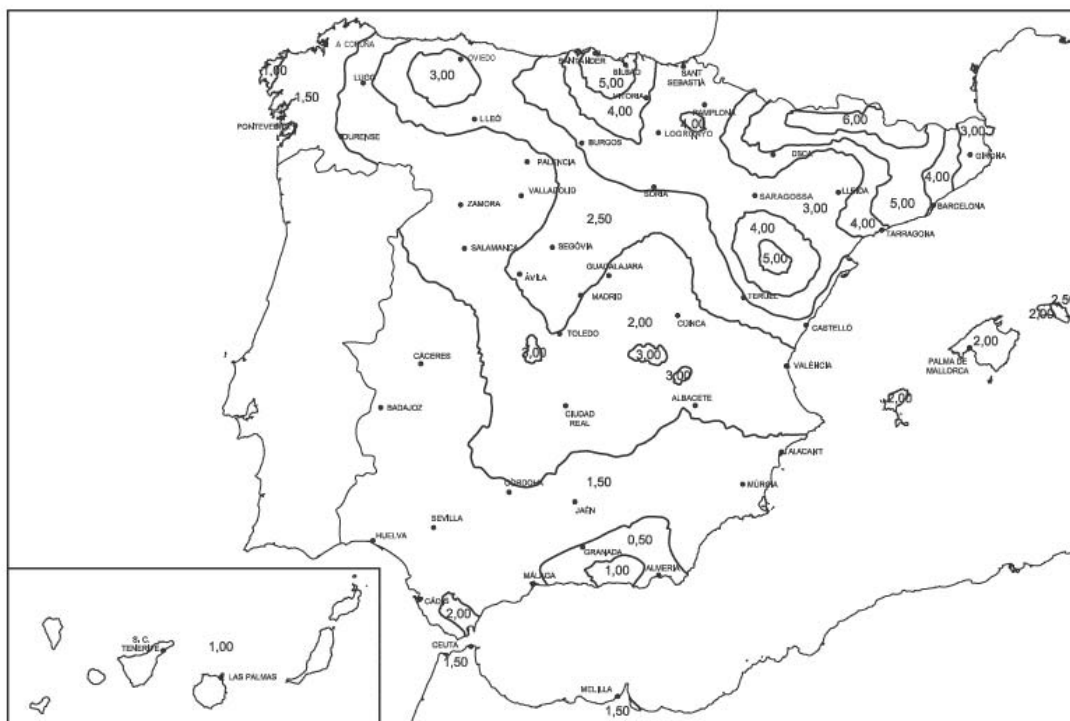


Figura 1.1 Mapa de densitat d'impactes sobre el terreny  $N_g$

- $A_e$ : superfície de captura equivalent de l'edifici aïllat en  $\text{m}^2$ , que és la delimitada per una línia traçada a una distància  $3H$  de cadascun dels punts del perímetre de l'edifici, en què  $H$  és l'altura de l'edifici en el punt del perímetre considerat.
- $C_1$ : coeficient relacionat amb l'entorn, segons la taula 1.1.

## Document bàsic SU Seguretat d'ús

Taula 1.1 Coeficient C<sub>1</sub>

Situació de l'edifici	C <sub>1</sub>
Pròxim a altres edificis o arbres de la mateixa altura o més alts	0,5
Envoltat d'edificis més baixos	0,75
Aïllat	1
Aïllat sobre un turó o promontori	2

- 4 El risc admissible, N<sub>a</sub>, es pot determinar mitjançant l'expressió:

$$N_a = \frac{5,5}{C_2 C_3 C_4 C_5} 10^{-3} \quad (1.2)$$

on:

- C<sub>2</sub> coeficient en funció del tipus de construcció, d'acord amb la taula 1.2.  
 C<sub>3</sub> coeficient en funció del contingut de l'edifici, d'acord amb la taula 1.3.  
 C<sub>4</sub> coeficient en funció de l'ús de l'edifici, d'acord amb la taula 1.4.  
 C<sub>5</sub> coeficient en funció de la necessitat de continuïtat en les activitats que es duen a terme a l'edifici, d'acord amb la taula 1.5.

Taula 1.2 Coeficient C<sub>2</sub>

	Coberta metàl·lica	Coberta de formigó	Coberta de fusta
Estructura metàl·lica	0,5	1	2
Estructura de formigó	1	1	2,5
Estructura de fusta	2	2,5	3

Taula 1.3 Coeficient C<sub>3</sub>

Edifici amb contingut inflamable	3
Altres continguts	1

Taula 1.4 Coeficient C<sub>4</sub>

Edificis no ocupats normalment	0,5
Usos pública concurrència, sanitari, comercial, docent	3
Resta d'edificis	1

Taula 1.5 Coeficient C<sub>5</sub>

Edificis el deteriorament dels quals pugui interrompre un servei imprescindible (hospitals, bombers...) o pugui ocasionar un impacte ambiental greu	5
Resta d'edificis	1

## 2 Tipus d'instal·lació exigida

- 1 Quan, d'acord amb el que estableix l'apartat anterior, sigui necessari disposar una instal·lació de protecció contra el llamp, aquesta ha de tenir almenys l'eficiència E que determina la fórmula següent:

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e} \quad (2.1)$$

- 2 La taula 2.1 indica el nivell de protecció corresponent a l'eficiència requerida. Les característiques del sistema per a cada nivell de protecció es descriuen a l'annex SU B:

Taula 2.1 Components de la instal·lació

Eficiència requerida	Nivell de protecció
$E \geq 0,98$	1
$0,95 \leq E < 0,98$	2
$0,80 \leq E < 0,95$	3
$0 \leq E < 0,80$	4

## Annex A Terminologia

### ***Eficiència del sistema de protecció***

Probabilitat que un sistema de protecció contra el llamp intercepti les descàrregues sense risc per a l'estructura i les instal·lacions.

### ***Il·luminació, E***

Flux lluminós per unitat d'àrea de la superfície il·luminada. En el sistema d'unitats SI, la unitat d'il·luminació és el lux (lx), que és la *il·luminació* d'una superfície que rep un flux lluminós d'un lumen repartit sobre un m<sup>2</sup> de superfície.

### ***Luminància, L***

Quocient entre la intensitat lluminosa radiada per una font de llum i la superfície de la font projectada segons la direcció esmentada. Amb I en candelas i S en cm<sup>2</sup>, L queda expressat en cd/cm<sup>2</sup> o stilb (sb); també s'utilitza la cd/m<sup>2</sup>, unitat que es coneix per nit (nt).

### ***Nivell de protecció***

Terme de classificació dels sistemes externs de protecció contra el llamp en funció de la seva eficàcia.

### ***Trencament de forma segura***

Trencament que presenta un vidre sota alguna de les formes següents:

- a) una petita obertura, amb un límit en les dimensions de les partícules separades;
- b) desintegració, amb petites partícules separades; o
- c) trencament que provoca la formació de peces separades no esmolades o punxegudes.

### ***Ús administratiu***

Edifici, establiment o zona en què es duen a terme activitats de gestió o de serveis en qualsevol de les seves modalitats, com per exemple centres de l'Administració pública, bancs, despatxos professionals, oficines, etc.

També entren dins d'aquest ús els establiments destinats a altres activitats, quan les seves característiques constructives i funcionals, el risc derivat de l'activitat i les característiques dels ocupants es puguin assimilar a aquest ús millor que a qualsevol altre. Com a exemple de l'assimilació esmentada es poden esmentar els consultoris, els centres d'anàlisi clíniques, els ambulatoris, els centres docents en règim de seminari, etc.

Les zones d'un establiment d'*ús administratiu* destinades a altres activitats subsidiàries de la principal, com ara cafeteries, menjadors, sales d'actes, etc., han de complir les condicions relatives al seu ús.

### ***Ús aparcament***

Edifici, establiment o zona independent o accessòria d'un altre ús principal, destinat a estacionament de vehicles i la superfície construïda del qual excedeixi els 100 m<sup>2</sup>, incloent-hi les dedicades a revisions com ara rentat, posada a punt, muntatge d'accessoris, comprovació de pneumàtics i fars, etc., que no requereixin la manipulació de productes o d'eines de treball que puguin presentar risc addicional i que es produeix habitualment en la reparació pròpiament dita. S'exclouen d'aquest ús, així com de l'àmbit d'aplicació del DB-SU, els aparcaments robotitzats.

### ***Ús comercial***

Edifici o establiment l'activitat principal del qual és la venda de productes directament al públic o la prestació de serveis relacionats amb els mateixos, incloent-hi tant les botigues i els grans magatzems, els quals solen constituir un únic establiment amb un únic titular, com els centres comercials, els mercats, les galeries comercials, etc.

---

Document bàsic SU Seguretat d'ús

---

També es consideren d'*ús comercial* els establiments en què es presten directament al públic determinats serveis no necessàriament relacionats amb la venda de productes, però amb unes característiques constructives i funcionals, del risc derivat de l'activitat i dels ocupants que es puguin assimilar més a les pròpies d'aquest ús que a les de qualsevol altre. Com a exemples de l'assimilació esmentada es poden esmentar les bugaderies, els salons de perruqueria, etc.

**Ús docent**

Edifici, establiment o zona destinada a docència en qualsevol dels seus nivells: escoles infantils, centres d'ensenyament primari, secundari, universitari o formació professional. No obstant això, els establiments docents que no tinguin la característica pròpia d'aquest ús (bàsicament, el predomini d'activitats en aules d'elevada densitat d'ocupació) s'han d'assimilar a altres usos.

Les zones d'un establiment d'*ús docent* destinades a activitats subsidiàries de la principal, com cafeteries, menjadors, sales d'actes, administració, residència, etc., han de complir les condicions relatives al seu ús.

**Ús general**

Utilització de les zones o elements que no siguin d'*ús restringit*.

**Ús pública concurrència**

Edifici o establiment destinat a algun dels usos següents: cultural (destinats a restauració, espectacles, reunió, esplai, esport, auditoris, joc i similars), religiós i de transport de persones.

Les zones d'un establiment de pública concurrència destinades a usos subsidiaris, com ara oficines, aparcament, allotjament, etc., han de complir les condicions relatives al seu ús.

**Ús residencial públic**

Edifici o establiment destinat a proporcionar allotjament temporal, regentat per un titular de l'activitat diferent del conjunt dels ocupants i que pot disposar de serveis comuns, com ara neteja, menjador, bugaderia, locals per a reunions i espectacles, esports, etc. Inclou els hotels, hostals, residències, pensions, apartaments turístics, etc.

Les zones dels establiments d'*ús residencial públic* destinades a altres activitats subsidiàries de la principal, com cafeteria, restaurant, sales d'actes, locals per a jocs o espectacles, etc., han de complir les condicions relatives al seu ús.

**Ús residencial habitatge**

Edifici o zona destinada a allotjament permanent, sigui quin sigui el tipus d'edifici: habitatge unifamiliar, edifici de pisos o d'apartaments, etc.

**Ús restringit**

Utilització de les zones o elements de circulació limitats a un màxim de deu persones que tenen el caràcter d'*usuaris* habituals, inclòs l'interior dels habitatges.

**Ús sanitari**

Edifici o zona l'ús del qual inclou hospitals, centres de salut, etc.

## Annex B Característiques de les instal·lacions de protecció davant del llamp

- 1 Els sistemes de protecció contra el llamp han de constar d'un sistema extern, un sistema intern i una xarxa de terra d'acord amb els apartats següents.

### B.1 Sistema extern

- 1 El sistema extern de protecció contra el llamp està format per dispositius captadors i per derivadors o conductors de baixada.

#### B.1.1 Disseny de la instal·lació de dispositius captadors

- 1 Els dispositius captadors poden ser puntes Franklin, malles conductores i parallamps amb dispositiu d'encebament.

##### B.1.1.1 Volum protegit mitjançant puntes Franklin i malles conductores

- 2 El disseny de la instal·lació s'ha de fer de manera que l'edifici quedi dins del volum protegit determinat per algun dels mètodes següents, que es poden utilitzar de forma separada o combinada:
  - a) angle de protecció;
  - b) esfera rodant;
  - c) mallat o retícula.

##### B.1.1.1.1 Mètode de l'angle de protecció

- 1 El volum protegit determinat pels dispositius captadors està format per la superfície de referència i la superfície generada per una línia que, passant per l'extrem del dispositiu captador, giri formant un angle  $\alpha$  amb aquest. Els valors dels angles de protecció  $\alpha$  queden reflectits a la taula B.1 en funció de la diferència d'altura entre la punta del parallamps i el pla horitzontal considerat  $h$ , per a cada *nivell de protecció*. Quan es disposi un conductor horitzontal unint dues puntes, el volum protegit ha de ser el resultat de desplaçar al llarg del conductor el definit per les puntes (vegeu la figura B.1).

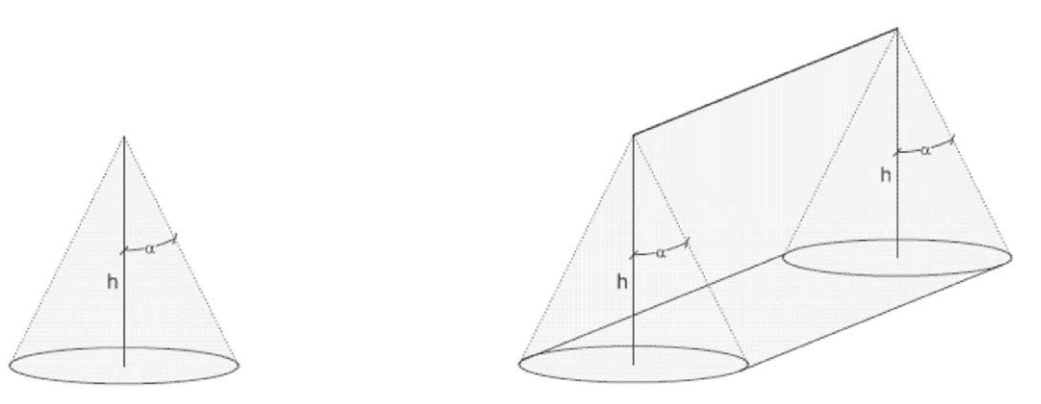


Figura B.1 Volum protegit per captadors

## Document bàsic SU Seguretat d'ús

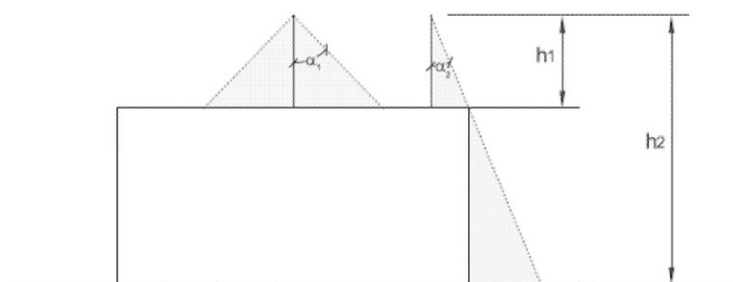


Figura B.2 Angle de protecció, disposició per a diferents altures

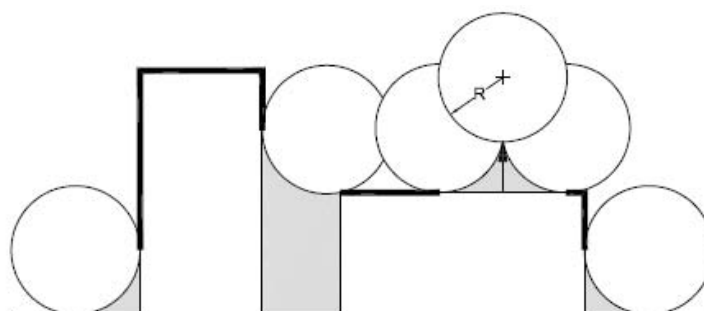
Taula B.1 Angle de protecció  $\alpha$ 

Nivell de protecció	Diferència d'altura h entre la punta del parallamps i el pla horitzontal considerat			
	20	30	45	60
1	25°	*	*	*
2	35°	25°	*	*
3	45°	35°	25°	*
4	55°	45°	35°	25°

\* En aquests casos s'utilitzen els mètodes d'esfera rodant i/o malla.

**B.1.1.1.2 Mètode de l'esfera rodant**

- 1 El volum protegit queda definit en fer rodar una esfera de radi R sobre l'edifici (vegeu la figura B.3). Les zones que puguin ser tocades per l'esfera són susceptibles de ser afectades per les descàrregues.



— zones susceptibles de ser impactades  
 ■ zones protegides

Figura B.3 Esfera rodant en estructures

- 2 El radi de l'esfera ha de ser l'indicat a la taula B.2 en funció del nivell de protecció.

Taula B.2 Radi de l'esfera rodant

Nivell de protecció	Radi de l'esfera rodant
	m
1	20
2	30
3	45
4	60

**B.1.1.1.3 Mètode de la malla**

- 1 El volum protegit és el definit per una malla rectangular la dimensió més gran de la qual ha de ser la indicada a la taula B.3 en funció del nivell de protecció.



## Document bàsic SU Seguretat d'ús

Taula B.3 Dimensió de la retícula

Nivell de protecció	Dimensió de la retícula m
1	5
2	10
3	15
4	20

- 2 Les condicions perquè la protecció sigui efectiva són les següents:
- els conductors captadors situats a la coberta han d'estar col·locats a:
    - el perímetre de la coberta;
    - la superfície de la coberta formant una malla de la dimensió exigida;
    - la línia del carener de la coberta, quan el pendent de la coberta sigui superior al 10%.
  - a les superfícies laterals de l'estructura la malla s'ha de disposar a altures superiors al radi de l'esfera rodant corresponent al *nivell de protecció* exigit;
  - cap instal·lació metàl·lica ha de sobresortir fora del volum protegit per les malles.
- 3 En edificis d'altura superior a 60 m protegits mitjançant malla conductora s'ha de disposar també una malla conductora per protegir el 20% superior de la façana.

**B.1.1.2 Volum protegit mitjançant parallamps amb dispositiu d'encebament**

- 1 Quan s'utilitzin parallamps amb dispositiu d'encebament, el volum protegit per cada punta es defineix de la forma següent (vegeu la figura B.4):
- sota el pla horitzontal situat 5 m per sota de la punta, el volum protegit és el d'una esfera el centre de la qual se situa a la vertical de la punta a una distància D amb un radi de:
 
$$R = D + \Delta L$$
 on
    - R el radi de l'esfera en metres que defineix la zona protegida.
    - D distància en metres que apareix a la taula B.4 en funció del nivell de protecció.
    - $\Delta L$  distància en metres funció del temps de l'avanç en l'encebament  $\Delta t$  del parallamps en  $\mu s$ . S'ha d'adoptar  $\Delta L = \Delta t$  per a valors de  $\Delta t$  inferiors o iguals a 60  $\mu s$ , i  $\Delta L = 60$  m per a valors de  $\Delta t$  superiors.

Taula B.4 Distància D

Nivell de protecció	Distància D m
1	20
2	30
3	45
4	60

- per damunt d'aquest pla, el volum protegit és el d'un con definit per la punta de captació i el cercle d'intersecció entre aquest pla i l'esfera.

## Document bàsic SU Seguretat d'ús

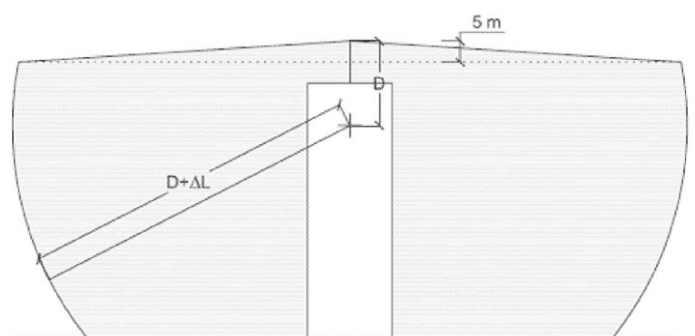


Figura B.4 Volum protegit per parllamps amb dispositiu d'encebament

**B.1.2 Derivadors o conductors de baixada**

- 1 Els derivadors han de conduir el corrent de descàrrega atmosfèrica des del dispositiu captador a la presa de terra, sense escalfaments i sense elevacions de potencial perillosos, per la qual cosa s'ha de preveure:
  - a) almenys un conductor de baixada per cada punta Franklin o parllamps amb dispositiu d'encebament, i un mínim de dos quan la projecció horitzontal del conductor sigui superior a la seva projecció vertical o quan l'altura de l'estructura que es protegeix sigui superior a 28 m;
  - b) longituds de les trajectòries al més reduïdes possible;
  - c) connexions equipotencials entre els derivadors a nivell del terra i cada 20 metres.
- 2 En cas de malles, els derivadors i conductors de baixada s'han de repartir al llarg del perímetre de l'espai a protegir, de forma que la seva separació mitjana no excedeixi el que s'indica a la taula B.5 en funció del nivell de protecció.

**Taula B.5 Distància entre conductors de baixada en sistemes de protecció de malles conductores**

Nivell de protecció	Distància entre conductors de baixada m
1	10
2	15
3	20
4	25

- 3 Tot element de la instal·lació ha d'anar per on no representi risc d'electrocució o ha d'estar protegit adequadament.

**B.2 Sistema intern**

- 1 Aquest sistema comprèn els dispositius que redueixen els efectes elèctrics i magnètics del corrent de la descàrrega atmosfèrica dins de l'espai a protegir.
- 2 S'ha d'unir l'estructura metàl·lica de l'edifici, la instal·lació metàl·lica, els elements conductors externs, els circuits elèctrics i de telecomunicació de l'espai a protegir i el sistema extern de protecció, si n'hi ha, amb conductors d'equipotencialitat o protectors de sobretensions a la xarxa de terra.
- 3 Quan no es pugui realitzar la unió equipotencial d'algun element conductor, els conductors de baixada s'han de disposar a una distància de l'element esmentat superior a la distància de seguretat  $d_s$ . La distància de seguretat  $d_s$  ha de ser igual a:

$$d_s = 0,1 \cdot L$$

L és la distància vertical des del punt en què es considera la proximitat fins a la presa de terra de la massa metàl·lica o la unió equipotencial més pròxima. En el cas de canalitzacions exteriors de gas, la distància de seguretat ha de ser de 5 m, com a mínim.

### **B.3 Xarxa de terra**

- 1 La xarxa de terra ha de ser l'adequada per dispersar en el terreny el corrent de les descàrregues atmosfèriques.

*(Aquest Reial decret s'inclou tenint en compte la Correcció d'errors i errades publicada al «BOE» 22, de 25-1 2008.)*