

ANNEX 1b. DOCUMENT REALITZAT PER ICGC (desembre 2016)

Delimitació de la perillositat geològica de les zones afectades per l'esdeveniment de subsidència a Palau-solità i Plegamans (Vallès Occidental)

TEXT REFÓS PLA ESPECIAL DE LES ZONES AFECTADES PER L'ESDEVENIMENT DE SUBSIDÈNCIA (LA FALLA), EN EL TERME MUNICIPAL DE PALAU-SOLITÀ I PLEGAMANS



**Delimitació de la
perillositat geològica
de les zones
afectades per
l'esdeveniment de
subsidiència a Palau-
solità i Plegamans
(Vallès occidental)**

Codi: AP-0066/16

Desembre de 2016

Històric del document

Versió	Data	Autor	Acció
1.0	26/09/2016	ICGC	Pendent de posar en comú les recomanacions a nivell urbanístic amb l'Ajuntament de Palau-Solità i Plegamans
1.1	23/12/2016	ICGC	Incorporació de les recomanacions urbanístiques de l'Ajuntament Palau-Solità i Plegamans
1.2	09/01/2017	ICGC	Es suprimeix la taula 4 que pot donar lloc a confusions d'interpretació

Índex General

MEMÒRIA

PLÀNOLS

- 1.1 Situació General, 1:5000
- 2.1 Context geològic 25M, 1:10000
- 3.1 Context hidrogeològic 25M, 1:10000
- 3.2 Inventari pous, 1:10000
- 3.3 Piezometries, 1:10000
- 4.1 Prospecció geofísica, 1:5000
- 4.2 Prospecció geofísica detall, 1:2000
- 5.1 Dany Burland, 1:5000
- 5.2 Dany Burland, 1:2000
- 6.1 InSAR ERS, 1:5000
- 6.2 InSAR ENVISAT, 1:5000
- 6.3 InSAR TERRASAR, 1:5000
- 6.4 Topografia, 1:5000
- 7.1 Ampliació traçat, 1:2500
- 8.1 Perillositat geològica falla, 1:7500
- 8.2 Perillositat geològica falla, 1:2500

ANNEXES

- Annex I: Prospecció geofísica
- Annex II: Inventari de punts d'aigua
- Annex III: Dades del registre sísmic
- Annex IV: Bibliografia

MEMÒRIA

Índex de la memòria

1	Introducció	1
1.1	Antecedents	1
1.2	Objectius	2
1.3	Treballs realitzats	4
1.3.1	Recull d'informació	4
1.3.2	Revisió de treballs previs	5
1.3.3	Prospecció geofísica	6
2	Criteris de zonificació de la perillositat geològica	8
3	Descripció del l'esdeveniment del 1990	11
3.1	Recopilació d'informació	11
3.2	Àmbit d'afectació i magnitud	14
3.3	Danys a edificacions i elements urbans	17
4	Context geològic	23
5	Context hidrogeològic	26
5.1	Aqüífer al·luvial de la Riera de Caldes (304A13)	26
5.2	Aqüífer detrític Miocè del Vallès (304I02)	27
5.3	Piezometria	27
6	Seguiment del moviment post esdeveniment	31
6.1	Interferometria satelital (InSAR)	31
6.2	Anivellació topogràfica.	34
6.3	Anàlisi dels resultats	35
7	Subsidència natural i induïda	37
7.1	Factors condicionants i inductors de la subsidència	37
7.1.1	Sismicitat	37
7.1.2	Sobreexplotació d'aqüífers	39

7.1.3	Anàlisi dels resultats	41
8	Delimitació de la perillositat	44
9	Conclusions	47
9.1	Afectació de la falla	47
9.2	Moviments i evolució de la falla	47
9.3	Zonificació de la perillositat	48
10	Recomanacions	50
10.1	Franges de protecció	50
10.1.1	Franja de perillositat alta	50
10.1.2	Franja de perillositat mitjana	50
10.1.3	Franja de perillositat baixa	51
10.2	Altres consideracions constructives	53
10.3	Auscultació i seguiment	53

1 Introducció

En data 7 de juliol de 2015, l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (en endavant ICGC), rep l'encàrrec de la Direcció General d'Ordenació del Territori i Urbanisme del Departament de Territori i Sostenibilitat, d'emetre un informe d'ampliació del dictamen de riscos geològics de Palau-Solità i Plegamans (AP-0010/09) emès per aquest institut amb data febrer de 2009. En aquest dictamen, es recomanava la necessitat de localitzar la zona de falla que afecta el municipi, analitzar-ne perillositat geològica i determinar les mesures necessàries per evitar danys a les possibles estructures.

1.1 Antecedents

El antecedents dels informes emesos per aquesta institució relacionats amb l'àmbit d'estudi del present informe, es presenten a continuació, amb les principals conclusions que se'n deriven:

Febrer 2009: "Dictamen preliminar de riscos geològics a Palau-Solità i Plegamans" (AP-0010/10), a petició del Departament de Política Territorial i Obres Públiques:

- Determina una perillositat mitjana a alta per la possible ubicació de la falla que pot provocar moviments d'esfondrament i recomana prèviament a qualsevol actuació urbanística s'efectuï un estudi geològic que localitzi la zona de la falla, analitzi la perillositat i, si es el cas, determini la franja de protecció o les mesures necessàries per evitar danys a les possibles futures estructures.

Juny de 2009: "Nota tècnica sobre una fractura del terreny existent en el polígon industrial Can Boada Nou" (AP-0065/09), a petició de l'Ajuntament de Palau-Solità i Plegamans:

- Presenta com a origen de les patologies una antiga falla associada a l'estructura distensiva de la depressió del Vallès, amb una dinàmica de tipus residual o bé deguda a una reactivació.
- Estableix una possible relació amb descensos sobtats del nivell piezomètric.
- Especifica la necessitat de realització d'un estudi més ampli per determinar les causes del moviment.
- Recomana la creació d'una franja de protecció en compliment de la llei d'urbanisme, en relació als riscos geològics.

Setembre de 2009: "Informe de valoració del Pla parcial "Can Maiol Nord" del municipi de Palau-Solità i Plegamans (Vallès Occidental)" (VR-0037/09), a petició de l'Ajuntament de Palau-Solità i Plegamans:

- Es considera raonable l'establiment d'una franja de seguretat de 13 metres proposada en la documentació del PPU, respecte la línia de falla i emet informe favorable a l'aplicació del Pla Parcial de "Can Maiol Nord"

Desembre de 2012: "Caracterització geolèctrica del subsòl a Palau-solità i Plegamans." (GA-0013/12), dins del projecte "Anàlisi de subsidències de Catalunya DIFSAR":

- Es detecta que la posició de la falla coincideix amb una discontinuïtat vertical detectada en un dels perfils.

Juliol de 2013: "*Informe de valoració del Pla d'Ordenació Urbanística Municipal de Palau-solità i Plegamans*" (VR-0085/13), a petició de l'Ajuntament de Palau-Solità i Plegamans i en el qual s'especifica que cal incorporar la informació sobre els riscos geològics del dictamen de 2009 (AP-0010/09), a la documentació del POUM.

Setembre de 2014: "*Informe de valoració del Pla d'Ordenació Urbanística Municipal de Palau-solità i Plegamans*" (VR-0094/14), a petició de l'Ajuntament de Palau-Solità i Plegamans i en el qual s'especifica que la documentació del POUM compleix les prescripcions exposades en el Decret 305/2006, de 18 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament de la Llei d'urbanisme, en relació a l'exposició d'informació relacionada amb els riscos geològics. El POUM, estableix la creació de dues franges de protecció:

Finalment el 30 d'octubre de 2015 es publica al DOGC el nou Pla d'Ordenació Urbanística Municipal (POUM) aprovat per la Generalitat a través de la Comissió Territorial d'Urbanisme de Barcelona el 23 d'abril de 2015, on s'insta al Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya a realitzar un dictamen dels riscos geològics de la falla.

1.2 Objectius

L'aptitud del territori per a la urbanització ve condicionada, en alguns casos, per l'acció de processos geodinàmics actius, tals com l'estabilitat dels vessants, esfondraments i torrentades. Segons la legislació vigent, el planejament urbanístic ha de permetre assolir un nivell adequat de protecció enfront dels riscos naturals preservant de la urbanització i l'edificació aquelles zones que presentin riscos naturals, llevat que es prevegin mesures addicionals en relació a la seva prevenció o protecció (article 5 del Reglament de la Llei d'Urbanisme, Decret 305/2006, de 18 de juliol i article 9 del Text refós consolidat de la Llei d'urbanisme, Decret legislatiu Llei 3/2012, de 22 de febrer)

El Pla d'Ordenació Urbanística Municipal vigent del municipi de Palau Solità i Plegamans, estableix dues franges o àmbits de protecció situades a ambdós costats del teòric traçat de la falla objecte d'estudi (Figura 1, plànol 1.1):

- Franja de protecció de les edificacions (**àmbit de risc 1**). En l'àmbit o franja de RISC1 està prohibit edificar, excepte les obres vinculades a la protecció i a la prevenció del risc generat per la falla, a la reparació dels efectes d'aquesta, i al manteniment i conservació bàsica dels edificis. Pel que fa a l'obra urbanitzadora, aquesta quedarà subjecte a un estudi específic
- Franja de preservació de les edificacions (**àmbit de risc 2**). En l'àmbit de RISC2 el sòl tindrà les condicions d'edificació i urbanització de la clau de zona corresponent, o les establertes pel planejament derivat que el desenvolupi. No obstant, s'hauran de complir les següents condicions addicionals:
 - o Justificar que la línia de falla no afecta al volum edificat existent o de nova implantació.
 - o Les llicències i el planejament derivat hauran d'incorporar els estudis geotècnics, geològics i geofísics necessaris per descartar el risc per les edificacions i les persones.
 - o Les edificacions, construccions i urbanització que s'autoritzin hauran d'adoptar les solucions constructives previstes a la norma sismoresistent que garanteixin la integritat d'aquestes en el supòsit de desplaçaments horitzontals o verticals de la falla.

La incertesa generada en la determinació de les causes de l'origen del moviment del terreny i els límits dels diferents àmbits de risc que condicionen de forma important el desenvolupament urbanístic, ha motivat la realització del present estudi. Cal considerar que, tot i la quantiosa informació recopilada sobre les patologies desenvolupades durant l'esdeveniment de 1990, manquen dades importants sobre determinats factors clau per entendre les causes del seu desencadenament, com són l'estructura geològica local de detall, la distribució i paràmetres de les diferents unitats geològiques així com dades hidrogeològiques concretes, com poden ser les piezometries de l'any de l'esdeveniment, cabals d'extracció, etc.

Per tant, l'objectiu de l'informe no es centrarà tant en l'anàlisi de les possibles causes que van desencadenar el moviment del terreny, com en establir una zonificació del terreny en funció del grau de perillositat associat a l'esdeveniment del 1990, així com una sèrie de recomanacions urbanístiques, constructives i de seguiment, per tal de minimitzar-ne el risc.

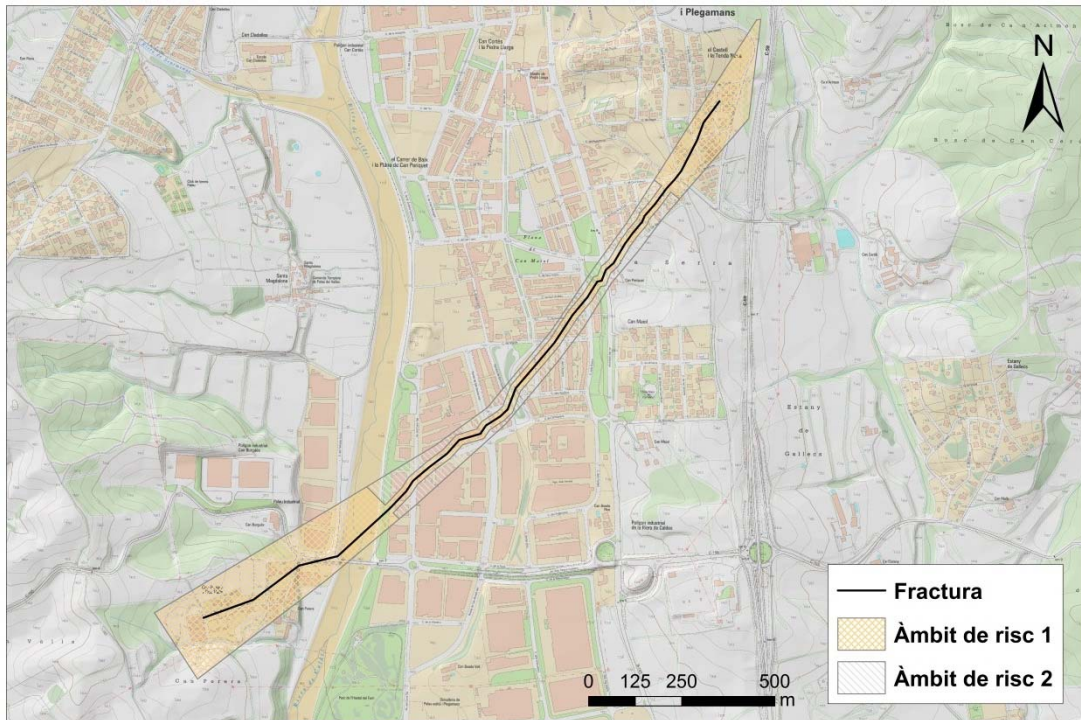


Figura 1: Mapa de les franges de protecció definides en el POUM de Palau-Solità i Plegamans, respecte el traçat de la fractura.

1.3 Treballs realitzats

Per tal d'assolir els objectius plantejats en el present estudi s'ha realitzat una revisió i anàlisi exhaustiva de tota la documentació del fons de gestió documental de l'ICGC (veure punt 1.1 Antecedents) i de projectes específics d'aquest institut relacionats amb l'àmbit d'afectació de la falla, així com dels informes i treballs previs que s'ha generat des de l'aparició de les primeres esquerdes, recopilats i facilitats per l'Ajuntament de Palau-Solità i Plegamans.

Paral·lelament, i en base a aquesta la documentació, s'ha procedit al disseny d'una campanya de prospecció geofísica amb l'objectiu d'intentar delimitar amb més exactitud els extrems de la fractura.

Els treballs realitzats i les metodologies utilitzades es presenten en els punts següents.

1.3.1 Recull d'informació

L'aparició de nombroses esquerdes tant en habitatges com en naus industrials i carrers, va provocar l'elaboració de diversos informes i estudis per tal de documentar la seva afectació així com la disposició de mesures de tipus urbanístic per tal de preservar la seguretat dels béns i de les persones.

L'inventari d'informes i estudis recopilats, facilitats per l'Ajuntament de Palau-Solità i Plegamans, es presenten a la taula següent (Taula 1) per ordre cronològic:

Taula 1: Inventari d'informes recopilats i facilitats per l'Ajuntament de Palau-Solità i Plegamans

Dictamen sobre la patologia aparecida en algunos edificios de un poligono del Institut Català del Sol	GIOSA SA	Novembre de 1990
Diagnosi de Patologia Estructural d'un habitatge unifamiliar i memoria justificativa de les conclusions. C. Sant Isidre 15.	J.M. Genescà Ramon	Desembre de 1990
Rehabilitació d'un habitatge unifamiliar. C. Sant Isidre 17.	J.M. Genescà Ramon	Desembre de 1990
Documentos complementarios	Ramon Muñoz Jordan	Desembre de 1991
Dictamen relativo a las lesiones habidas en las casas en hilera ubicadas en la manza definida por la ronda Boada vell, calle dels oficis, rambla sant isidre y calle de l'orfebreria, del termino municipal de palau de plegamans, de Barcelona.	Manuel Francés Marqueta	17/07/1995
Dictamen relativo a las lesiones detectadas en edificaciones sitas en los polígonos I y II del P.P. Riera de Caldes, en especial en las viviendas ubicadas en la manzana definida por la ronda de boada vell, calle dels oficis, rambla de Sant Isidre y calle de l'orfebreria, del termino municipal de Palau de Plegamans, de Barcelona	Manuel Francés Marqueta	15/01/1996
Estudi de la fractura del terreny apareguda en la zona del polígon industrial Can Boada Nou (Palau-Solità i Plegamans)	Marc Gelizo Chamorro	Juliol de 2001
Cartografia geològica a escala 1:25000 dels materials Miocens i Quaternaris en l'ambient de la depressió del Vallès.	Jaume Casanoves (SGC)	Agost de 2004
Informe sobre els edificis dels carrers Sant Isidre número 15 i Boada Vell número 24 de Palau-solità i Plegamans.	J.M.Genescà Ramon	Octubre de 2005
Estudi geològic de l'afectació en la urbanització de la falla neotectònica, que travessa l'extrem nord-oest del sector de Can Maiol Nord, al terme municipal de Palau-Solità i Plegamans.	Marta Fàbrega i Gallaguet (ARTEG)	Juliol de 2008
Realització d'una malla de talls geològics al Vallès Occidental (Sabadell)	Fundació Bosch i Gimpera	Juny de 2010
Informes sobre la fractura de terreny existent (falla) en el terme municipal (recopilatori)	Ajuntament	Novembre de 2014

1.3.2 Revisió de treballs previs

Dins del projecte “Anàlisi de subsidències de Catalunya DIFSAR” desenvolupat per l'ICGC des de l'any 2006, s'han realitzat diversos treballs en diferents zones de Catalunya enfocats en l'anàlisi de moviments del terreny associats a processos d'esfondrament. En aquest sentit es disposa de dades de satèl·lit que permeten analitzar les deformacions del terreny a gran escala, gràcies al processat de dades obtingudes mitjançant interferometria satel·lital (InSAR). Una d'aquestes zones analitzades és la depressió del Vallès-Penedès, incloent la totalitat del municipi de Palau-Solità i Plegamans. Els resultats i l'anàlisi d'aquestes dades es presenta en el punt 6. *Seguiment del moviment post-esdeveniment.*

Paral·lelament, s'ha fet una recopilació de la informació hidrogeològica disponible del fons de gestió documental de l'ICGC, que ha consistit en:

- inventari de punts d'aigua i xarxes de control de nivell piezomètric de l'ACA,
- recopilació de columnes estratigràfiques i de dades d'extracció d'aigua en pous i
- tractament de les dades i confecció dels registres continus de nivell piezomètric en els punts propers de la xarxa de control de l'ACA

1.3.3 Prospecció geofísica

La prospecció geofísica ha consistit en la realització de 6 perfils 2D mitjançant la tècnica de tomografia elèctrica (ERT). Els perfils han estat distribuïts en sis zones prèviament seleccionades al llarg de la possible trajectòria de la falla, amb l'objectiu de definir amb més exactitud els límits dels seus extrems (Figura 2 i plànols 4.1 i 4.2.) A l'*annex I* s'adjunta l'informe geofísic realitzat.

Els perfils s'han realitzat amb l'orientació NNW-SSE intentant que siguin paral·lels entre ells i que travessin la fractura superficial de la manera més perpendicular possible, en el centre del perfil, per tal de poder adquirir la màxima fondària en la zona per on se suposa que passa la fractura i considerant la situació dels perfils de campanyes geofísiques anteriors. Les principals característiques dels perfils realitzats es mostren a la Taula 2.

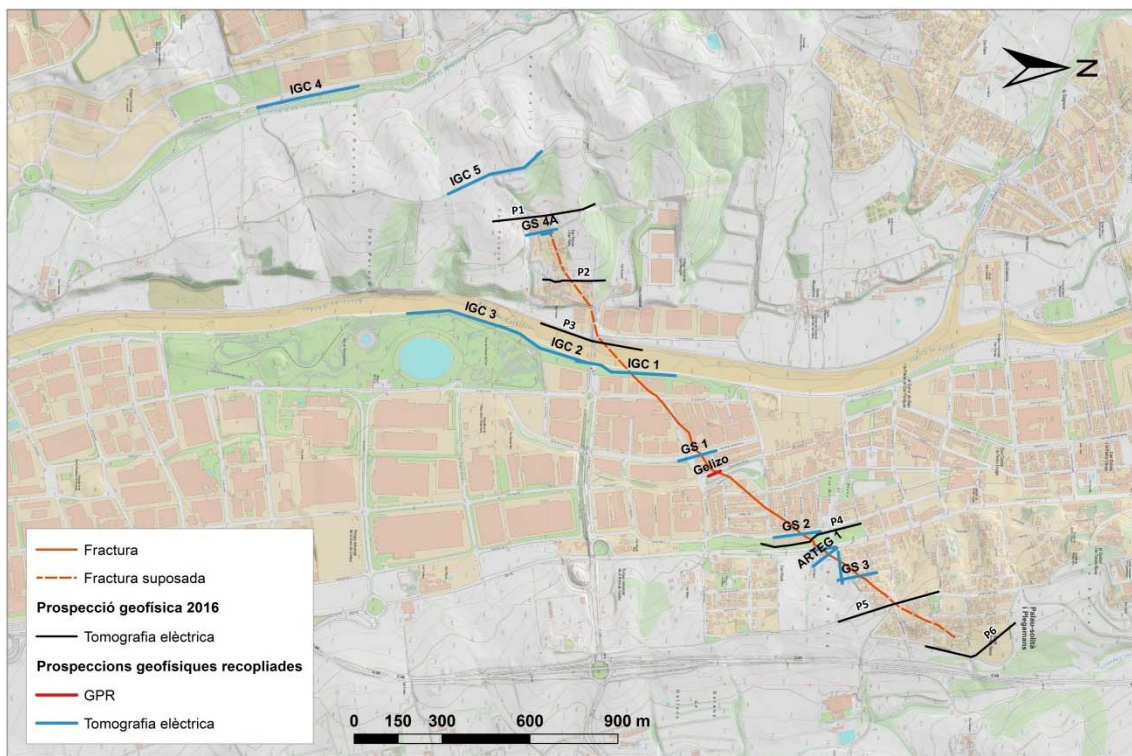


Figura 2: Situació del perfils de tomografia elèctrica realitzats en la campanya de prospecció geofísica.

Taula 2.Principals característiques dels perfils de tomografia elèctrica (ERT) realitzats Coordenades UTM dels perfils geofísics realitzats en ETRS89.

Perfil	X_{UTM} (m) inici	Y_{UTM} (m) inici	X_{UTM} (m) final	Y_{UTM} (m) final	Longitud total (m)	Profunditat assolida (m)
P1	430685	4602228	430744	4601881	355	60
P2	430945	4602263	430942	4602052	213	40
P3	431182	4602389	431091	4602045	355	60
P4	431773	4603316	431842	4602797	355	55
P5	432005	4603402	432107	4603061	355	55
P6	432112	4603663	432191	4603358	355	55

2 Criteris de zonificació de la perillositat geològica

La identificació i delimitació de les zones amb perillositat potencial es basa genèricament en una anàlisi preliminar de la susceptibilitat que succeeixi un cert fenomen, dels antecedents i dels indicis existents.

La fractura que afecta el municipi de Palau-Solità i Plegamans, s'associa a un procés d'esfondrament del terreny. En aquest sentit, la susceptibilitat de generar un moviment del terreny associat a esfondraments està condicionada per factors com la naturalesa litològica, les característiques geotècniques del terreny i la presència d'aigua o nivell freàtic. Aquesta susceptibilitat es pot veure modificada per altres factors condicionants que poden ser d'origen natural o antròpic.

En general, es consideren zones susceptibles d'esfondraments:

- Zones de formacions evaporítiques en superfície o al subsòl.
- Zones de formacions carbonàtiques amb indicis.
- Zones de formacions detrítiques amb indicis.
- Zones amb singularitats en l'estructura geològica (p.ex. falles)
- Zones amb activitats mineres subterrànies, actuals, recents i antigues.
- Zones amb activitat intensa d'explotació d'aqüífers

En la zona objecte d'estudi conflueixen 3 factors de susceptibilitat: uns indicis recents de moviment en una formació detrítica, una singularitat en l'estructura geològica de base, i una activitat intensa d'explotació d'aqüífers, de manera que s'estableix una **perillositat preliminar mitjana** en la zona d'afectació de la fractura i una **perillositat baixa** a la resta, és a dir, on no s'han observat indicis.

En zones urbanes, l'escenari de referència que defineix el criteri de perillositat es basa en la probabilitat de dany acumulat en 50 anys sobre les estructures existents. Es pot emprar doncs, en el cas de moviments associats a esfondraments, la distorsió angular màxima del terreny i la seva afectació a possibles edificis i estructures (Bjerrum 1963 i Código Técnico de la Edificación (CTE) RD 314/2006 de 17 de març) (Figura 3 i Taula 3). Cal anotar que la distorsió angular es defineix com el quocient del moviment vertical relatiu de dos punts (assentament diferencial) amb la distància que els separa, i s'expressa amb un factor de proporció.

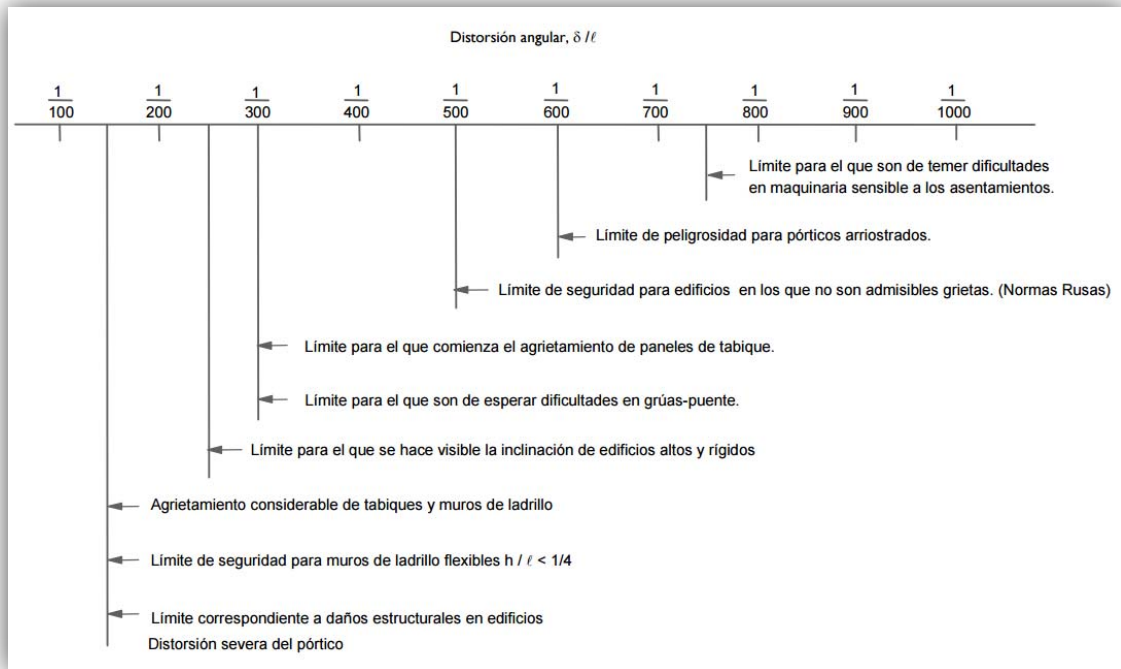


Figura 3: Distorsions angulars límit, acceptades en la bibliografia tècnica. Gràfics de Bjerrum (1963), basat en les dades presentades per Skempton i Mac Donald (1965).

Taula 3.: Valors límit basats en la distorsió angular. CTE: 2.4.3 Estats límit de servei

Tipus d'estructura	Límit
Estructures isostàtiques i murs de contenció	1/300
Estructures reticulades amb envans de separació	1/500
Estructures de panells prefabricats	1/700
Murs de càrrega sense armadura amb flexió cònca, cap amunt	1/1000
Murs de càrrega sense armadura con flexió cònca, cap avall	1/2000

Aplicant aquests criteris estructurals als graus de perillositat preliminar determinats anteriorment, s'obté la següent classificació de perillositat (Taula 4):

Taula 4: Grau de perillositat resultant enfront a esfondraments, aplicant criteris de l'escenari de referència (distorsió angular esperable per a un període de 50 anys).

Perillositat preliminar	Distorsió angular esperable	Perillositat resultant
Alta	$1/500 \leq \delta$	Alta
	$\delta < 1/500$	Mitjana
Mitjana	$\delta \geq 1/150$	Alta
	$1/500 \leq \delta < 1/150$	Mitjana
	$1/750 \leq \delta < 1/500$	Baixa
Baixa	--	

A partir de l'avaluació de la perillositat geològica del territori es distingeixen tres situacions tipus:

- Àrees amb perillositat baixa: No cal prendre mesures addicionals. Es recomana fer un seguiment per si hi ha una evolució en els indicis identificats.
- Àrees amb perillositat mitjana: Cal seguir algunes recomanacions, per protegir edificacions i estructures en general o el correcte funcionament de les infraestructures, tant existents com o planejades. Aquestes recomanacions poden anar encaminades a evitar l'exposició i la vulnerabilitat al fenomen actuant o disminuir el grau de perillositat amb mesures de protecció. En aquestes àrees, com a criteri general, abans d'emprendre qualsevol actuació urbanística, es recomana efectuar estudis detallats, previs a la definició dels usos del sòl que hi poden ser compatibles, que avaluin detalladament determinats aspectes de la perillositat geològica i els seus possibles efectes sobre l'actuació projectada.
- Àrees amb perillositat alta: És necessari prendre les mesures adients per garantir la protecció d'edificacions i estructures en general i el correcte funcionament de les infraestructures existents. En aquestes àrees, abans d'emprendre qualsevol actuació urbanística, és necessari efectuar estudis detallats, previs a la definició dels usos del sòl que hi poden ser compatibles, que avaluin detalladament determinats aspectes de la perillositat geològica i els seus possibles efectes sobre l'actuació projectada. No es recomana la implantació de noves estructures o infraestructures si no es pot disminuir el nivell de perillositat.

3 Descripció del l'esdeveniment del 1990

3.1 Recopilació d'informació

Les primeres referències respecte l'aparició de les patologies associades a la falla objecte d'estudi, les situen entre els mesos d'abril i maig de 1990, segons es recull d'alguns dels afectats. Amb tot, no hi ha cap informe o instància que documenti aquestes patologies en el moment de la seva aparició, així com tampoc es disposa de fotografies ni documents gràfics en aquestes dates.

La síntesi dels documents disponibles analitzats i les seves principals conclusions en quan a afectacions a estructures, es presenten a continuació:

El 10 juliol 1990, l'empresa La Menorquina notifica a l'ajuntament l'aparició durant l'últim mes de diverses esquerdes de consideració en parets i paviments a les seves instal·lacions.

El novembre de 1990, l'empresa GIOSA, per encàrrec de l'INCASÒL, emet l'informe "Dictamen sobre la patologia aparecida en algunos edificios de un polígono del Institut Català del Sòl" on es realitza una valoració dels danys soferts per les edificacions situades entre el carrer Sant Isidre i el Camí Reial.

El juny 1991, l'arquitecte Antonio Nacenta Navarro, dictamina respecte les diferents lesions observades a l'illa de cases limitada pels carrers Oficis i Llibreteria, la Rambla de Sant Isidre i la Ronda de Boada Vell:

- Deformació màxima de 2mm en 10 dies, entre el 20 d'octubre i 29 de novembre el moviment s'atura per continuar a un ritme semblant a partir d'aquesta data.
- Del 29/12/90 al juny del 91, la deformació segueix una progressió semblant.
- Es declara en ruïna tècnica la casa del nº15 de la Rambla Sant Isidre.
- Es recomana el desallotjament del nº24 de la Ronda Boada Vell.

I en relació a la nau El de Caldes:

- S'observen dos tipus de desplaçament: un d'enfonsament d'una part respecte la resta; i simultàniament un desplaçament en horitzontal. O sigui, la nau s'enfonsa al mateix temps que hi ha un corriment lateral.
- Va quantificar en un màxim de 33 mm el desplaçament vertical i 19 mm el desplaçament horitzontal.
- Els desplaçaments vertical no son constants en el temps.

El 12 de desembre de 1991 es publica el dictamen realitzat per Ramon Muñoz Jordán, a petició dels veïns afectats i titulat: "Informe y dictamen acerca de las patologias registradas en un grupo de viviendas unifamiliares en un polígono del Institut Català del Sòl en el término

municipal de Palau de Plegamans, Barcelona”; i en el qual s’observa la progressió dels danys que pateixen aquests habitatges, detectant-se l’aparició de noves lesions i han augmentat les ja existents (en base a un informe de l’octubre de 1990).

També el 30 d’abril de 1992 a petició dels veïns afectats, l’arquitecte municipal D. Jacint Ballester i Gimenez emet un dictamen facultatiu en el qual diu que la falla es troba estabilitzada i que no s’han produït noves lesions des de l’episodi de 1990 demanant la immediata reparació dels Habitatges afectats.

El gener 1996, l’arquitecte Manuel Francés Marqueta al seu dictamen realitzat a petició de l’Ajuntament de Palau de Plegamans i titulat: *“Dictamen relativo a las lesiones habidas en las casas en hilera ubicadas en la manzana definida por la ronda Boada vell, calle dels oficis, rambla sant isidre y calle de l’orfebreria, del termino municipal de Palau de Plegamans, de Barcelona”*.

- Certifica que de juliol a setembre 1995 s’apuntala i atiranta l’habitatge nº24 de la Ronda de Boada Vell, i la nº15 de la cantonada NE de la numero 17 de la Rambla de Sant Isidre.
- S’instal·len testimonis de guix i de parelles de claus a les esquerdes, als quals només es produeixen dues dècimes de mil·límetre, que l’arquitecte atribueix al trànsit abundant de camions.

El desembre 1999, l’arquitecte Josep M^a Genescà Ramon, a petició de l’ajuntament i dins l’informe: *“Diagnosi de patologia d’un habitatge unifamiliar i memòria justificativa de conclusions, C/ Sant Isidre, 15, Palau de Plegamans”* manifesta que les lesions sofertes per totes les naus i edificis afectats es deuen a un assentament diferencial del terreny sobre el qual es recolzen els fonaments directes o superficials de l’edifici.

El gener de 2001, l’informe de BATLLE & MASCAREÑAS titulat: *“Detecció d’una falla, actualment en moviment, en l’àmbit del Vallès Occidental”*.

- Presenta la hipòtesi de neotectònica com a correcta, dient que es tractaria d’una falla relictada del substrat terciari amb una certa dinàmica residual.
- Planteja la hipòtesi que la fractura hagi estat provocada per l’aparició o el rejugament d’una falla en profunditat, que afectaria els materials del sòcol terciari de la Conca Vallès-Penedès, adaptant-se la cobertura miocena i quaternària al moviment en profunditat.
- Senyala la ineficàcia dels recalçaments profunds per pilotatges o micropilotatges, ja que són elements poc resistents als esforços de cisalla.
- La direcció de la fractura resulta ser aproximadament paral·lela a les falles principals que limiten la fossa del Vallès-Penedès al NW i SE.
- Descartada la hipòtesi que la fractura hagi estat ocasionada per un moviment gravitatori de massa, degut al baix pendent topogràfic de l’àrea.

- L'anàlisi de les fotografies aèries de la zona no revela cap manifestació significativa de la presència d'aquesta falla.

El juliol 2001, Marc Gelizo a l'informe titulat: "*Estudi de la fractura del terreny apareguda en la zona del polígon industrial Can Boada Nou (Palau-Solità i Plegamans)*", dictamina en relació a l'abast i característiques de la fractura:

- Dóna recolzament a la hipòtesis presentada per BATLLE & MASCAREÑAS.
- La traça de la falla és rectilínia amb direcció predominant SW-NE (042°). S'ha extret, de la cartografia, a on la fracturació ha estat observada o extrapolada, donant-se el valor mig.
- L'acabament de la fractura en superfície en l'extrem NE, es a la cantonada dels carrers Alba i Til·lers.
- En el costat NE els símptomes de la fractura són l'aparició d'esquerdes amb una separació al voltant del centímetre. Les esquerdes van aparèixer a principis de la dècada dels 90.
- L'habitatge del c\ Puigmal nº9 va procedir a la reparació, amb un recalçament dels fonaments. El juliol 2001, presenta una nova fractura de dimensió capil·lar en el mateix lloc que no mostra indicis d'haver evolucionat.
- Per les observacions del pati de la nau "El de Caldes", a la Ronda Boada Vell, es pot deduir un cert comportament vertical en el moviment, de l'ordre de 40mm, que provoca l'enfonsament del bloc SE, i un comportament de desplaçament horitzontal amb direcció compresa entre 70° i 90° i sentit antihorari, que provoca separacions dels blocs de l'ordre de 10 a 25 mm, observables al llarg de tota la línia de fractura.
- S'observa que els edificis reparats posteriorment a l'aparició de les fractures aquestes no han reaparegut i, per tant, aparentment no hi ha activitat en l'actualitat, tot i que no es pot descartar una futura reactivació del fenomen.
- Per les observacions de les esquerdes, hom pot observar com el desplaçament entre els dos blocs de la fractura mai és superior a uns pocs centímetres, desplaçament d'altra banda suficient per provocar els danys observats.

L'octubre 2005 a l'Informe sobre els edificis dels carrers Sant Isidre número 15 i Boada Vell número 24 de Palau-Solità i Plegamans, realitzat pel Sr. Josep M. Genescà Ramon, a petició de l'Ajuntament:

- Es recomana l'enderroc controlat de la construcció del carrer Boada Vell nº24.
- L'edifici del número 15 de Sant Isidre, es podria procedir a un apuntalament preventiu, però aquest haurà d'esser objecte de manteniment, caldrà que els puntals siguin necessàriament perduts i no es pot garantir l'efectivitat de l'esmentat apuntalament en cas d'una reactivació de la falla.

El 2008 es presenta el document “Estudi de l’afectació en l’urbanització de la falla neotectònica que travessa l’extrem NW del sector de Can Maiol Nord” redactat per la geòloga Marta Fàbrega i Gallaguet (ARTEG), en el qual es diu:

- La falla té una longitud de 1150 metres en direcció SW-NE, seguint la direcció general de les falles principals que formen la fossa tectònica del Vallès-Penedès i es presenta en superfície com de tipus normal-sinistra, amb el bloc superior al NW i l’inferior al SE.
- Les tomografies elèctriques descriuen una àrea de discontinuïtat amb un ample de entre 3 i 6 metres segons la zona del traçat.
- Recomanació de no edificar sobre el traçat de la falla ja que tot i que no aquesta no es troba activa, en qualsevol moment es podria reactivar

A l’abril de 2012 es presenta: “*Estudi geofísic per caracteritzar geoelectricament la fractura en diferents zones del T.M. de Palau-solità i Plegamans*”, realitzat per l’empresa GS Ingenieria Geofísica, en el qual s’arriben a les següents conclusions:

- La falla es troba lleugerament desplaçada respecte al traçat marcat per GELIZO i afecta als diferents materials existents en el subsòl
- Donat que no s’han observat noves patologies en els edificis es creu que el moviment s’ha aturat però no es pot descartar que es reactivi.
- S’estableixen dues franges de seguretat, la primera de no edificació i una segona restrictiva

3.2 Àmbit d’afectació i magnitud

El traçat de la falla, d’uns 2200 m de longitud i amb una direcció SW-NE, abasta des del Polígon Industrial Riera de Caldes a l’extrem SW, passant per Polígon Can Boada Nou, Polígon Plana de Can Maiol i fins la Urbanització Castell de Plegamans, en l’extrem NE, fixant l’acabament en la cantonada dels carrers Alba i Til·lers (GELIZO, 2001). Tot aquest recorregut actualment està urbanitzat a excepció del Sector de Can Maiol Nord i del llit de la riera de Caldes. A partir dels límits dels àmbits de risc (*risc1* i *risc2*) establerts en el POUM de Palau-Solità i Plegamans, s’obté un àmbit d’afectació de la falla d’unes 26 hectàrees (Figura 1).

De tot el traçat representat, uns 1150 m eren observables directament en superfície (GELIZO, 2001), permetent classificar-la com de tipus normal-sinistra, amb el bloc superior situat al NW i l’inferior al SE amb un desplaçament vertical de l’ordre de 40-50 mm i una component de desplaçament horitzontal amb direcció compresa entre 70° i 90° i sentit antihorari, que provoca separacions dels blocs de l’ordre de 10-25mm, observables al llarg de total la línia de fractura (GELIZO, 2001) (Figura 4, plànol 1.1 i 5.2). La resta del traçat, s’ha deduït a partir de les patologies existents en edificis o a partir dels resultats de diferents campanyes de geofísica encarregades per l’Ajuntament.

GELIZO descriu que al costat NE, només s'ha pogut mesurar, fins a data d'avui, el moviment de separació horitzontal, que és com a màxim de 30 mm. El moviment en vertical és inapreciable a simple vista.

Les dades consultades, indiquen que el moviment del terreny no va ser sobtat, ni homogeni al llarg de tot el traçat, sinó que es va produir aproximadament al llarg d'un any, entre abril – maig de 1990 i el juny de 1991 i amb la màxima deformació prop de la zona industrial. La velocitat calculada en el moment de màxim esfondrament és de l'ordre de 6 mm/mes (73 mm/any). Cal destacar que els testimonis observen una aturada del moviment durant un mes, entre el 20 d'octubre i el 29 de novembre de 1990. En els extrems de la falla no es té constància que s'hagin produït moviments.



Figura 4: Vista del pati de la nau "El de Caldes" on s'observa clarament l'enfonsament dels bloc SE

Amb la campanya actual de prospecció geofísica, realitzada mitjançant perfils de tomografia elèctrica situats al llarg del traçat de la falla, s'ha detectat discontinuïtats en la resposta elèctrica del terreny que, per la posició on s'han detectat, es poden associar a la presència de la falla en el subsòl, coincidint amb el traçat cartografiat (Figura 5). En el cas dels perfils PG1 i PG6, situats respectivament, als extrems SW i NE de la falla cartografiada, aquesta discontinuïtat implicaria que la longitud de la falla es prolonga en els dos extrems (plànol 7.1).

Correlacionant aquesta nova campanya de camp amb la realitzada per l'IGC el 2013, s'observa que el perfil IGC-5, també presenta una anomalia associable a l'existència d'una falla, que coincideix força amb el traçat de la falla objecte d'estudi (Figura 6 i Figura 7).

Els resultats, gràfics i característiques dels perfils realitzats es poden consultar a l'*Annex I. Prospecció geofísica*.

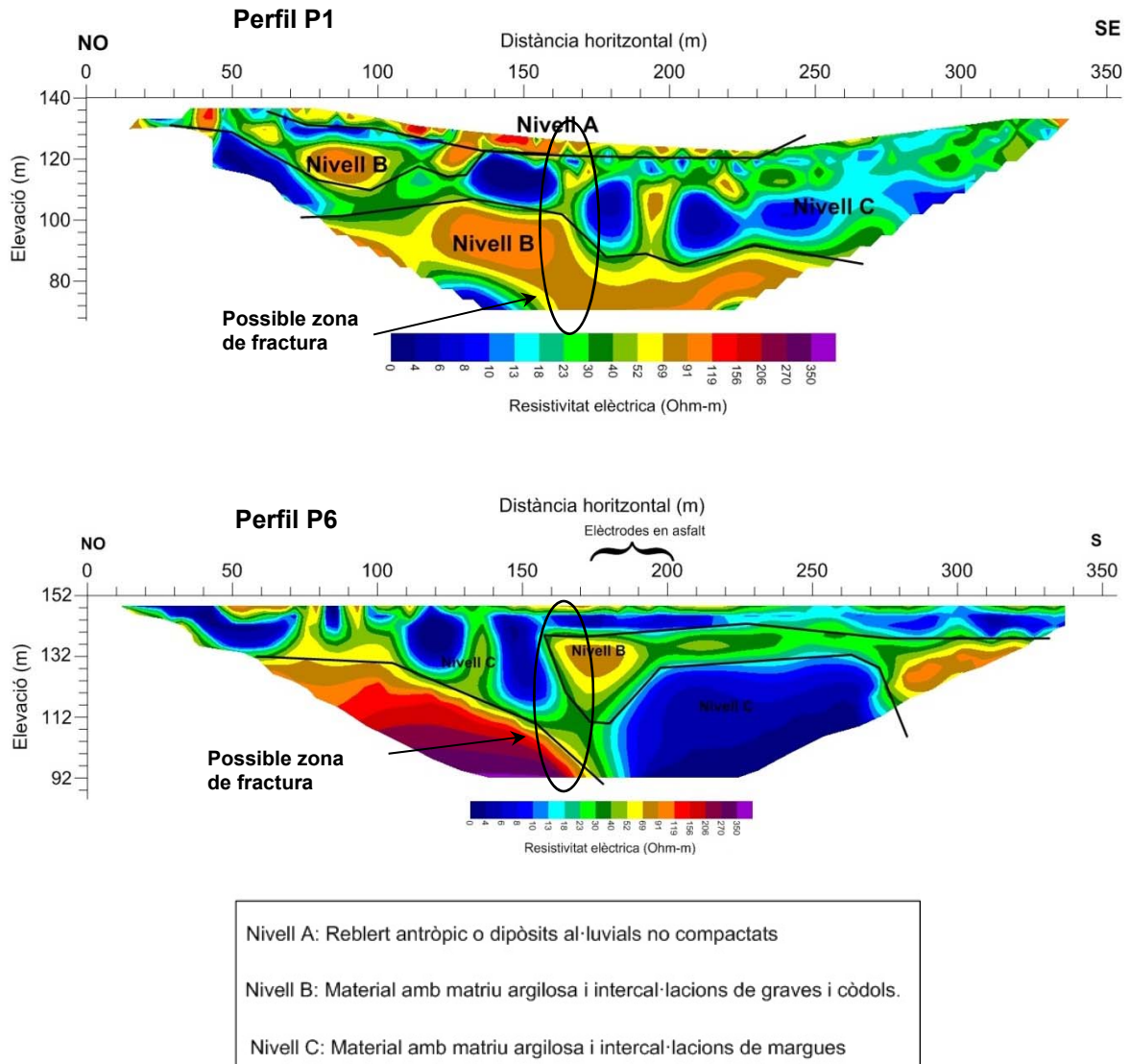


Figura 5: Perfils de tomografia elèctrica P1 i P6 on s'ha destacat les zones de discontinuïtat associables a la presència de la fractura.

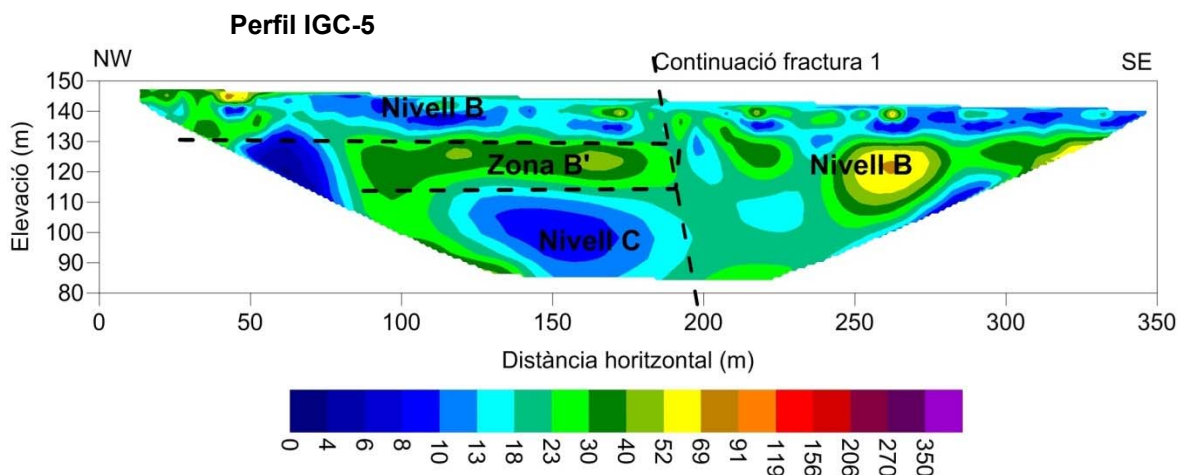


Figura 6: Perfil de tomografia elèctrica IGC-5, del projecte "Anàlisi de subsidències de Catalunya DIFSAR" desenvolupat per l'ICGC, on es destaca la discontinuïtat associable a la presència de la fractura.

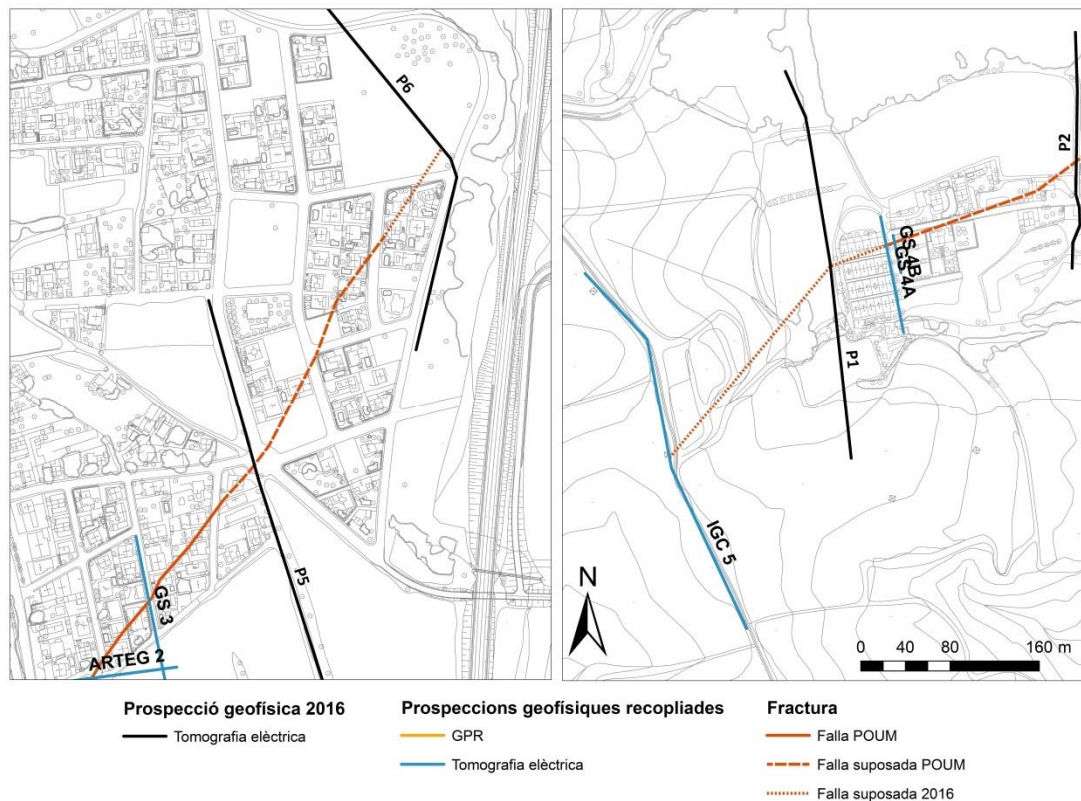


Figura 7: Prolongació suposada del traçat de la falla en els extrems NE i SW, a partir dels resultats obtinguts amb els perfils de tomografia elèctrica

3.3 Danys a edificacions i elements urbans

A partir dels diferents informes presentats i observant les diferents fitxes dels danys produïts als edificis al llarg del traçat de la falla, s'ha realitzat una qualificació dels danys basada en la classificació de Burland, J.B. (1977), que té en compte la tipologia de patologies, la facilitat de reparació i l'obertura i nombre d'esquerdes (Taula 5, Taula 6).

Taula 5: Classificació de danys visibles amb referència a la facilitat de la reparació (Burland J.B.(1977)).

Intensitat del dany	Descripció de dany típics	Esquerdes (mm)
0 No apreciable	Fissures i esquerdes de menys de 0,1mm	<0,1
1 Molt Lleuger	Fissures i esquerdes que poden ser tractades amb enguixat. Fissures aïllades en parets de totxana	<1
2 Lleuger	Esquerdes fàcilment reparables que probablement precisin enguixat. Varias fissures lleugeres apreciables a l'interior. Les esquerdes s'aprecien externament, exigint un repintat. Les portes i finestres poden patir lleugeres deformacions en la marqueteria.	<5

Intensitat del dany	Descripció de dany típics	Esquerdes (mm)
3 Moderat	Las esquerdes requereixen un picat i obra de paleta. Els revestiments poden emmascarar les esquerdes recurrent es. Possiblement parts de les façanes de totxana requereixin substitució. Les portes i finestres s'encallen. Les canonades i baixants es poden trencar. Empitjora la resistència de l'edifici en front dels agents climàtics.	5 a 15 o número d'esquerdes > 3
4 Sever	Reparació extensiva incloent la demolicions i restitució de porcions de murs especialment sobre portes i finestres. Els marcs de les finestres i de les portes es distorsionen i el terra s'inclina de forma apreciable. Els envans s'inclinen i s'abomben. Algunes bigues es despengen i les canonades queden fora de servei	15 a 25 depèn del número d'esquerdes
5 Molt sever	Es requereix una gran reparació amb reconstrucció total o parcial de l'edifici. Les bigues es despengen. Es requereix l'estintolament dels murs. Les finestres rebenten per distorsió. Hi ha perill greu d'inestabilitat global	Usualment >25 encara que depèn del número d'esquerdes

Taula 6: Classificació dels danys a les estructures de les edificacions (segons la intensitat de dany) .

Adreça/Nom	Any de construcció ¹	Dany	Obertura esquerdes		Observacions ²
			v	h	
Carrer Sant Jordi 6	1992	0			--
Carrer Sant Jordi 8	1992	0			--
Carrer Sant Andreu 1	1998	0			No s'observen esquerdes tot i esta sobre la falla.
Carrer Sant Jordi 5	1992	0			No s'observen esquerdes tot i estar sobre la falla.
Carrer Sant Jordi 7	1989	0			No s'observen esquerdes tot i estar sobre la falla.
Rambla Sant Isidre 5	1988	0			--
Ronda Boada Vell 20	1988	0			--
Carrer Puigmal 14	2004	1			--
Carrer Cadí 6	1973	1			--
Carrer Cadí 4	1980	1			--
Avinguda Catalunya 71	1963	1			Esquerdes en les tanques perimetrals. No te perquè ser de la falla.

¹ segons dades de la *Dirección General del Catastro (Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas)*

² ARTEG, 2008 dades de l'Ajuntament de Palau-Solità i Plegamans

Adreça/Nom	Any de construcció ¹	Dany	Obertura esquerdes		Observacions ²
			v	h	
Carrer Boters 38	1999	1			No hi ha esquerdes a l'estructura, alguna a les tanques perimetrals, esta just sobre la falla.
Carrer Flequers 39	1992	1			Esquerda al mur perimetral.
Carrer Migdia 20	1989	1			Esquerdes al muret perimetral, no esquerdes estructura.
Carrer Migdia 22	1989	1			Esquerdes al muret perimetral, no esquerdes estructura.
Carrer Sant Joan 145	1988	1			No hi ha esquerdes a l'estructura, alguna a les tanques perimetrals, esta just sobre la falla.
Carrer Sant Joan 147	1988	1			No hi ha esquerdes a l'estructura, alguna a les tanques perimetrals, esta just sobre la falla.
Carrer Sant Joan 149	1987	1			No hi ha esquerdes a l'estructura, alguna a les tanques perimetrals, esta just sobre la falla.
Escola ""El Sol""	1990	1			Esquerdes al terra i al perímetre. No estructura.
Rambla Sant Isidre 7	1988	1			--
Rambla Sant Isidre 9	1988	1			--
Rambla Sant Isidre 11	1988	2			--
Ronda Boada Vell 26	1988	2			--
TAFER	1988	2			--
Can Periquet	1898	3			Esquerdes a l'estructura
Carrer Cadí 5	1987	3			Esquerdes separades 3cm en el muret perimetral.
Carrer Farell 19	1975	3			Recalçament degut a fonamentació en materials de diferent comportament geotècnic.
Carrer Noguera 4	1992	3			--
Carrer Puigmal 11	1975	3		10	--
Carrer Puigmal 9	1970	3			Recalçament no relacionat amb la fractura
DOLL, S.A.	1986	3		20	--
Jabonera del Vallès S.A.	1986	3		15	--
La Menorquina	1969	3		15	--
Moldes GERCA	1988	3	30	20	--

Adreça/Nom	Any de construcció ¹	Dany	Obertura esquerdes		Observacions ²
			v	h	
MSU Serveis Industrials	1986	3		15	--
Ronda Boada Vell 22	1988	3			--
Talleres Rami, S.A.	1978	3		20	--
Talleres Reina, S.A.	1980	3			--
El de Caldes	1987	4	50	40	--
Rambla Sant Isidre 13	1988	4			--
Rambla Sant Isidre 17	1988	4	15	15	--
Rambla Sant Isidre 15	1988	5	20	10	Deshabitada.
Ronda Boada Vell 24	1988	5	40	20	Deshabitada.

Representant els graus de dany obtinguts (Figura 8, plànols 5.1 i 5.2), s'observa com la distribució dels danys no ha estat homogènia, sinó que la magnitud més gran s'ha donat entre els edificis situats entre el carrer de les Illes i el carrer Sant Isidre. Tant en sentit NE com SW, a partir d'aquests carrers, els danys en les edificacions són molt menors i en el cas del tram SW, pràcticament inapreciables.

Aplicant els rangs de desplaçaments verticals observats en les esquerdes, a l'anàlisi de les distorsions angulars produïdes en les edificacions, s'observa que les que es troben entre el carrer del Camí i la Rambla de Sant Isidre presenten valors de distorsió angular superiors al valor 1/150, límit considerat perquè es puguin donar danys estructurals que poden ser servers o molt severes, segons les diverses classificacions.

Paral·lelament, els desplaçaments laterals del moviment de la falla, també provoquen un increment en la severitat de les patologies d'aquest sector, amb una deformació lateral amb un valor que se situa entre $2 \cdot 10^{-3}$ i $5 \cdot 10^{-3}$, en funció de l'estructura considerada (Figura 9).

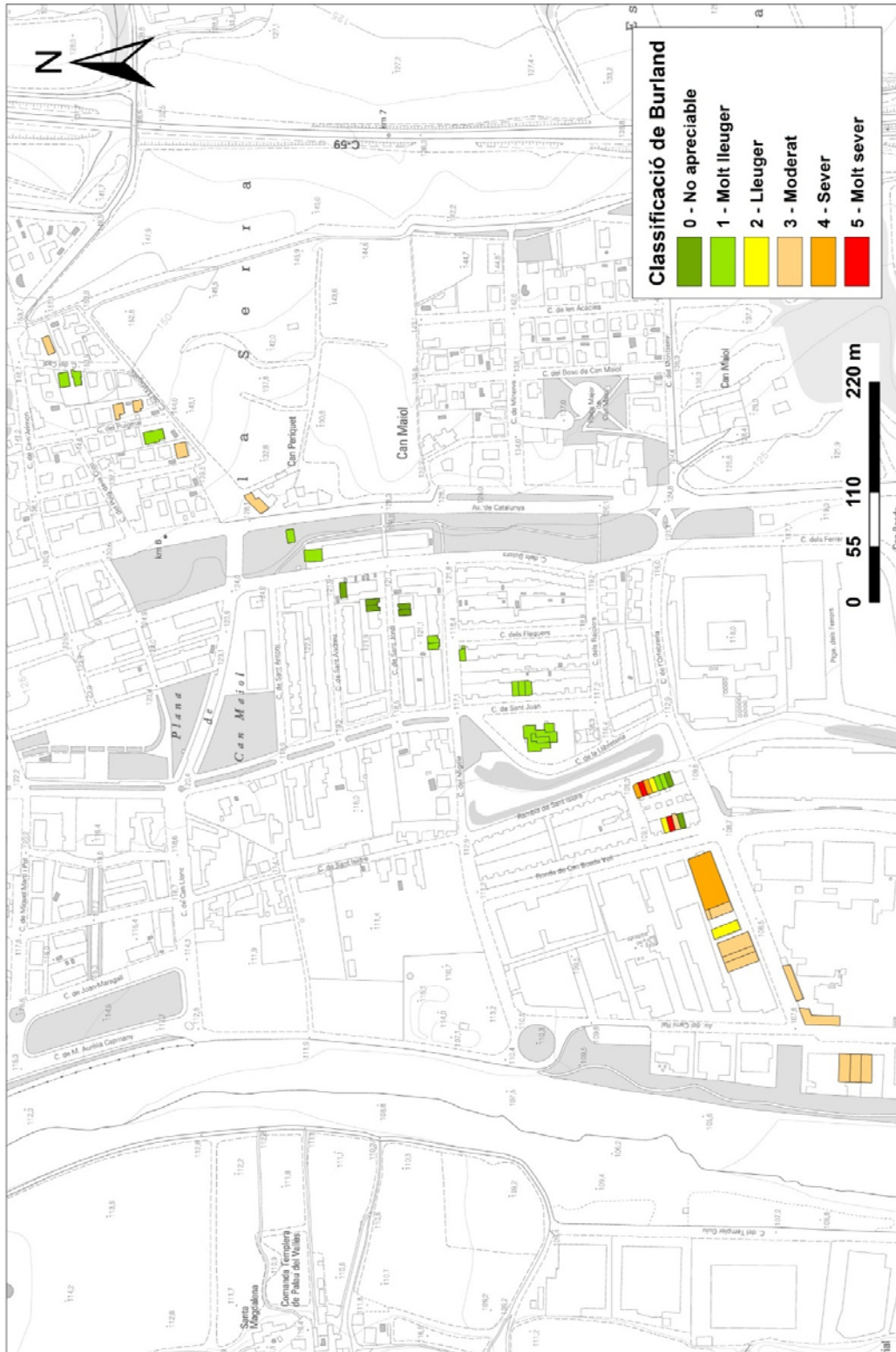


Figura 8. Mapa de distribució de les patologies en els edificis inventariats, segons l'escala de dany de Burland.

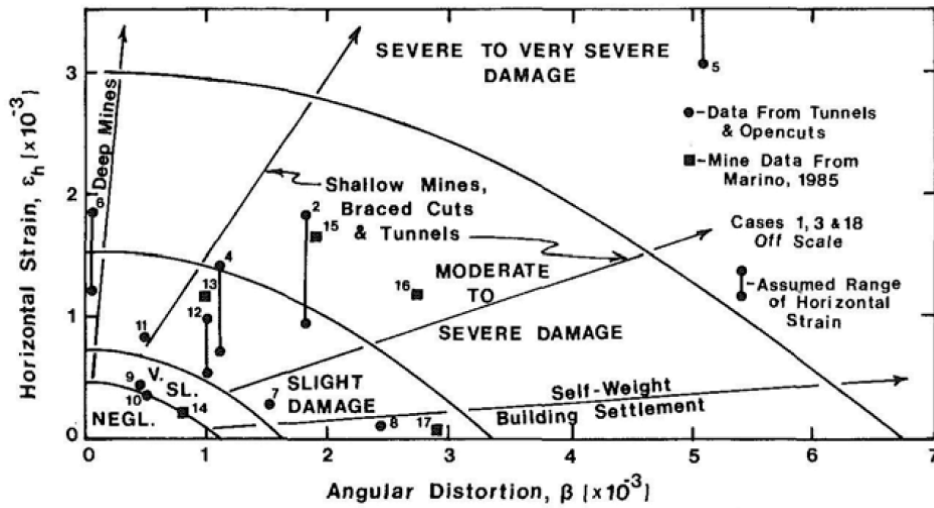


Figura 9: Danys esperables deguts a deformacions laterals i distorsió angular del terreny (Boscardini, M.D. i Cording, E. G. 1989). Els punts de màxima deformació lateral i distorsió angular observats en el present informe, queden fora dels límits d'aquest gràfic.

4 Context geològic

El municipi de Palau-Solità i Plegamans es troba situat al bell mig de la unitat morfoestructural de Depressió del Vallès (Figura 10, plànol 2.1), entre la Serralada Prelitoral i la Serralada Litoral i forma part de la fossa coneguda com a Depressió del Vallès-Penedès. Aquesta fossa és una estructura tectònica formada durant la distensió que tingué a lloc des de finals del Oligocè i principalment durant el Miocè. Aquest procés de distensió correspon a etapa de "rifting" relacionada amb la creació d'una conca marina entre Catalunya i Balears, dins el context de la Mediterrània Occidental, quan es va produir l'enfonsament dels materials paleozoics i mesozoics de l'antic Massís Catalano-Balear. Aquests materials enfonsats es van convertir en el sòcol sobre el qual es va dipositar la potent sèrie miocena, que reomple l'esmentada depressió.

L'orientació ENE-WSW de la fossa tectònica ve determinada per un conjunt de falles principals en aquesta orientació i que conformen els límits de la depressió. No obstant, la tectònica distensiva es manifesta també amb nombroses falles d'ordre menor que prenen orientacions similars a l'estructura principal i que poden afectar al sòcol i al conjunt de materials que la formen (Figura 11).

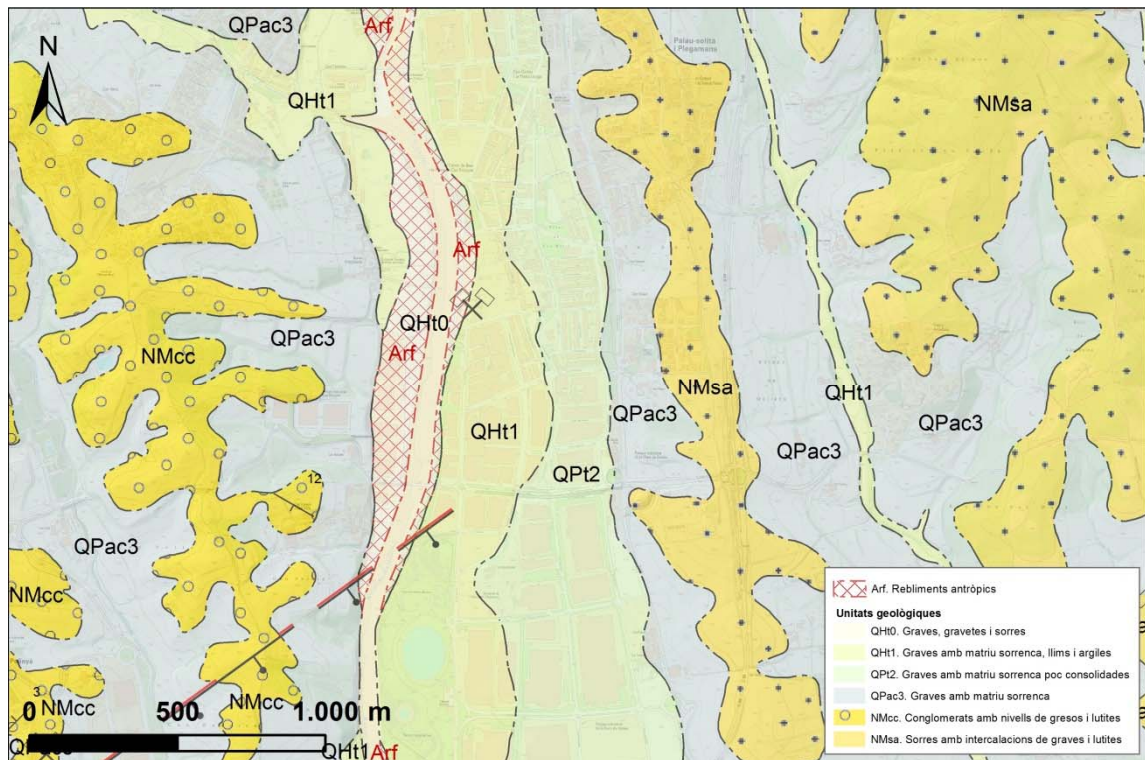


Figura 10: Mapa geològic de l'àmbit d'estudi. Mapa Geològic de Catalunya a escala 1:25000, full 393-1-2 (73-30) de Mollet del Vallès.

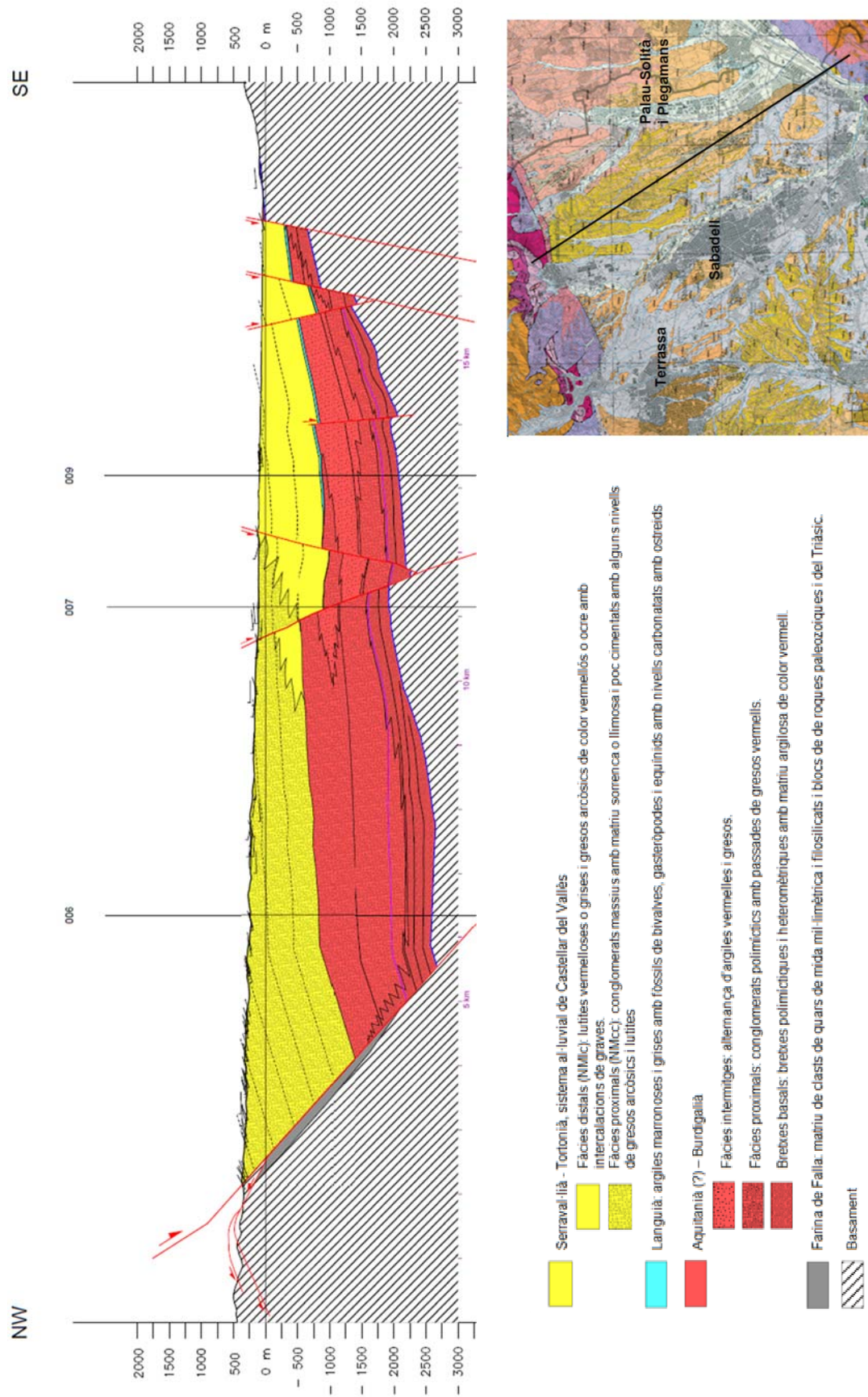


Figura 11: Tall geològic de l'estructura de la depressió del Vallès (Sentmenat-Polinyà-Santa Perpètua).

Aquesta fossa es va anar reomplint de forma progressiva a mesura que avançava l'etapa distensiva, a partir dels materials erosionats procedents dels relleus que l'envoltaven. Aquests sediments d'edat miocena són de tipus detrític i estan constituïts principalment per argiles, sorres i graves (unitats Nmag i Nmcg) amb cimentació variable i que poden arribar a presentar potències d'ordre hectomètric. La disposició general de les capes és horitzontal i subhoritzontal tot i que en els marges es poden trobar amb cabussament elevats.

Sobre aquest substrat, en la zona d'estudi, s'ha encaixat la xarxa hidrogràfica actual, dipositant sediments quaternaris associats a dipòsits fluvials constituïts per tres nivells de terrassa al·luvial (Qt0-1, Qt1 i Qt2) de la Riera de Caldes i pels dipòsits col·luvials associats (QPac3).

Els estudis geotècnics i geofísics recopilats defineixen els materials de la terrassa Qt1 com una unitat al·luvial llimosa al sostre, amb graves i sorres poligèniques a la base, amb una potència variable entre 4.0 i 9.5 m, dada que contrasta amb les dades presentades per Gelizo (2001), on es consideren potències superiors als 15 m.

5 Context hidrogeològic

La zona de Palau-solità i Plegamans estudiada es localitza a l'àrea hidrogeològica 304 de la depressió del Vallès. En aquesta àrea, la delimitació d'aqüífers de l'Agència Catalana de l'Aigua a escala 1:50.000 i el Mapa Hidrogeològic de Catalunya de l'ICGC a escala 1:25.000 (Figura 12, plànol 2.2) diferencien els següents aquífers:

- Aquífer al·luvial de la Riera de Caldes (304A13)
- Aquífer detrític Miocè del Vallès (304I02)

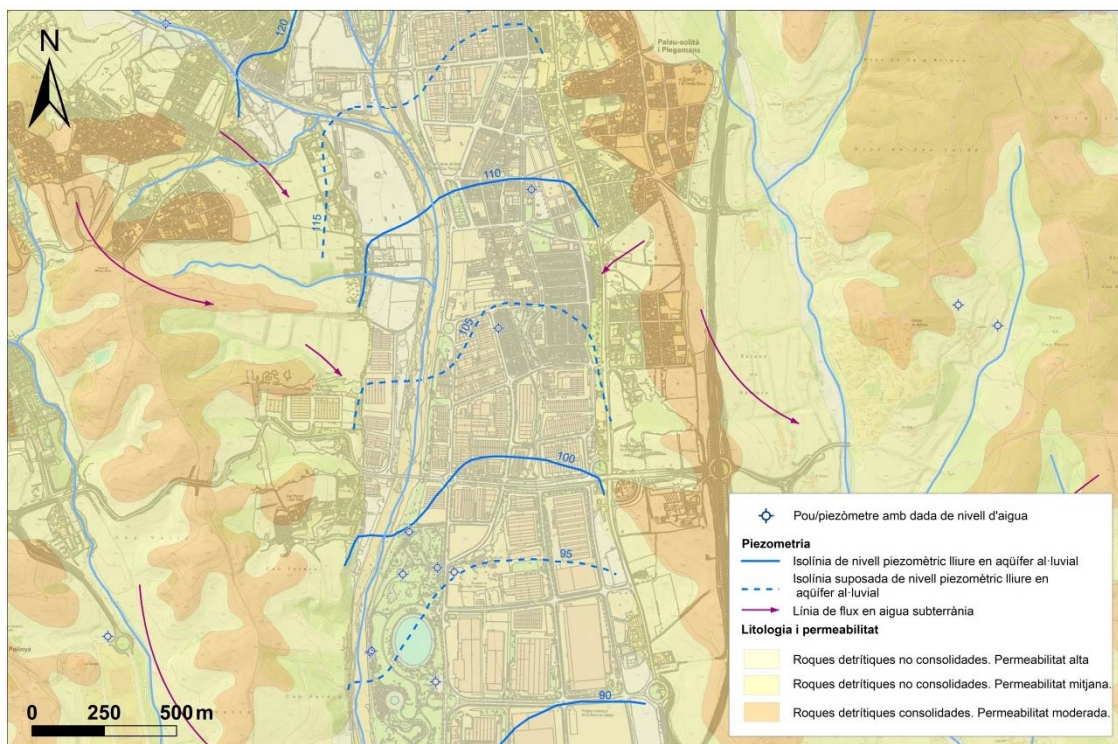


Figura 12: Mapa hidrogeològic de l'àmbit d'estudi. Mapa Hidrogeològic de Catalunya (GT V) a escala 1:25000, full 393-1-2 (73-30) de Mollet del Vallès (ICGC, 2011).

5.1 Aquífer al·luvial de la Riera de Caldes (304A13)

Es tracta d'un aquífer de comportament lliure format principalment per graves i sorres a la base, i, un paquet llimós a la part superior del mateix, tot i que la distribució litològica és molt heterogènia. El gruix mitjà de és de 10 a 15 metres i el gruix màxim d'uns 20 metres.

El nivell piezomètric es troba a pocs metres de fondària i està connectat (segons dades disponibles a l'ICGC de l'any 2009) amb la riera de Caldes.

En aquesta àrea la recàrrega es produeix principalment per infiltració d'aigua de pluja en l'extensió aflorant d'aquest aquífer i per possibles pèrdues de les xarxes d'abastament i clavegueram. Es

considera que l'aigua superficial que circula per la Riera de Caldes contribueix també de forma significativa en la recàrrega de l'aqüífer durant les avingudes.

En aquesta àrea, la descàrrega de l'aqüífer es produeix per extraccions, cap al curs d'aigua superficial quan aquest és efluent i per flux subterrani en direcció sud.

5.2 Aqüífer detrític Miocè del Vallès (304I02)

Es tracta d'una agrupació de nivells aqüífers constituïts per una alternança de sorres, graves, conglomerats, lutites i gresos amb funcionaments hidràulics diferenciats entre el basament miocè superior i mig-profund i el basament inferior.

- Basament miocè superior: la part superficial (0 a 20 m de fondària) es presenta alterada i constitueix un aqüífer on el tipus de porositat dominant és intersticial i la circulació de l'aigua té un comportament lliure.
- Basament miocè mig-profund: els nivells aïllats de gresos i conglomerats disposats entre nivells més argilosos de molt baixa permeabilitat on el tipus de porositat dominant és intersticial, constitueixen nivells d'aigua penjats de comportament lliure i d'extensió limitada.
- Basament miocè inferior: els nivells inferiors de la sèrie (a més de 100 m de profunditat), on el tipus de porositat dominant és mixt fissurat-intergranular, es troben totalment saturats i presenten un comportament confinat. Els pous més profunds que exploten aquests materials arriben als 350 m de profunditat.

L'existència d'aquests nivells detrítics del miocè mig-profund i inferior, es constata en diverses columnes estratigràfiques disponibles al voltant de la zona estudiada.

En aquesta àrea la recàrrega de l'aqüífer es produeix per infiltració directa de l'aigua de pluja, infiltració a través dels cursos d'aigua superficials quan aquests són influents per abocaments a les lleres. La descàrrega es produeix per extraccions a través de pous, per flux subterrani cap a altres aqüífers i a través de fonts.

5.3 Piezometria

Segons la informació disponible a l'Agència Catalana de l'Aigua i amb les dades de l'ICGC, al voltant de la zona de la fractura s'han inventariat un total de 60 punts d'aigua (Figura 13, plànol 3.3 i *Annex II. Inventari de punts d'aigua*).

Durant l'any 2013 l'ICGC va dur a terme una sèrie de treballs per la localització i recollida de dades en els punts d'aigua inventariats. Amb les dades recollides durant les campanyes de camp, per l'ICGC s'han realitzat dues piezometries corresponents als nivells del Miocè mig-profund i Miocè

inferior dels mesos de gener i setembre de 2013, utilitzant les dades dels pous de més de 60 m de profunditat.

Aquestes piezometries del substrat miocè es comparen amb la piezometria de l'aqüífer al·luvial publicada al Mapa Hidrogeològic de Catalunya 1:25.000 (ICGC, 2011), atès que les dades d'evolució del nivell piezomètric en l'al·luvial al voltant de Palau-Solità s'han mantingut constants en els darrers anys (Figura 14, plànol 3.4).

La piezometria de l'aqüífer al·luvial mostra un flux en direcció aproximadament N-S amb un gradient constant de 0,008. El nivell d'aigua subterrani en l'al·luvial se situa entre els 100 i els 110 msnm al voltant de la zona d'afectació i es troba connectat amb el curs d'aigua superficial. Als marges i fora de l'al·luvial els pous de menys de 60 m de fondària que exploten els nivells més superficials alterats i de comportament lliure dels dipòsits detrítics miocens presenten nivells relacionats amb l'aqüífer al·luvial, indicant que existeix aportació d'aquests nivells miocens més superficials cap a l'al·luvial.

Per altra banda, la piezometria del miocè mig-profund i miocè inferior del mes de gener mostra diverses àrees amb nivells piezomètrics deprimits probablement a causa de l'extracció d'aigua per bombament en diversos pous de la zona. Concretament al polígon Industrial de les Minetes a Santa Perpetua de la Moguda, la zona del Parc de l'Hostal del Fum a Palau-solità i Plegamans i la tercera zona al nord de l'àrea estudiada, concretament al polígon industrial de Can Cortés. El mes de setembre de 2013, les àrees deprimides de nivell corresponents a cons de bombament es troben desplaçades cap al nord.

Pel que fa a la relació entre ambdós aqüífers, les piezometries mostren una desconexió entre els nivells piezomètrics de l'aqüífer al·luvial i els nivells en l'aqüífer miocè mig-profund i miocè inferior, accentuada pels bombaments que es duen a terme en la zona.

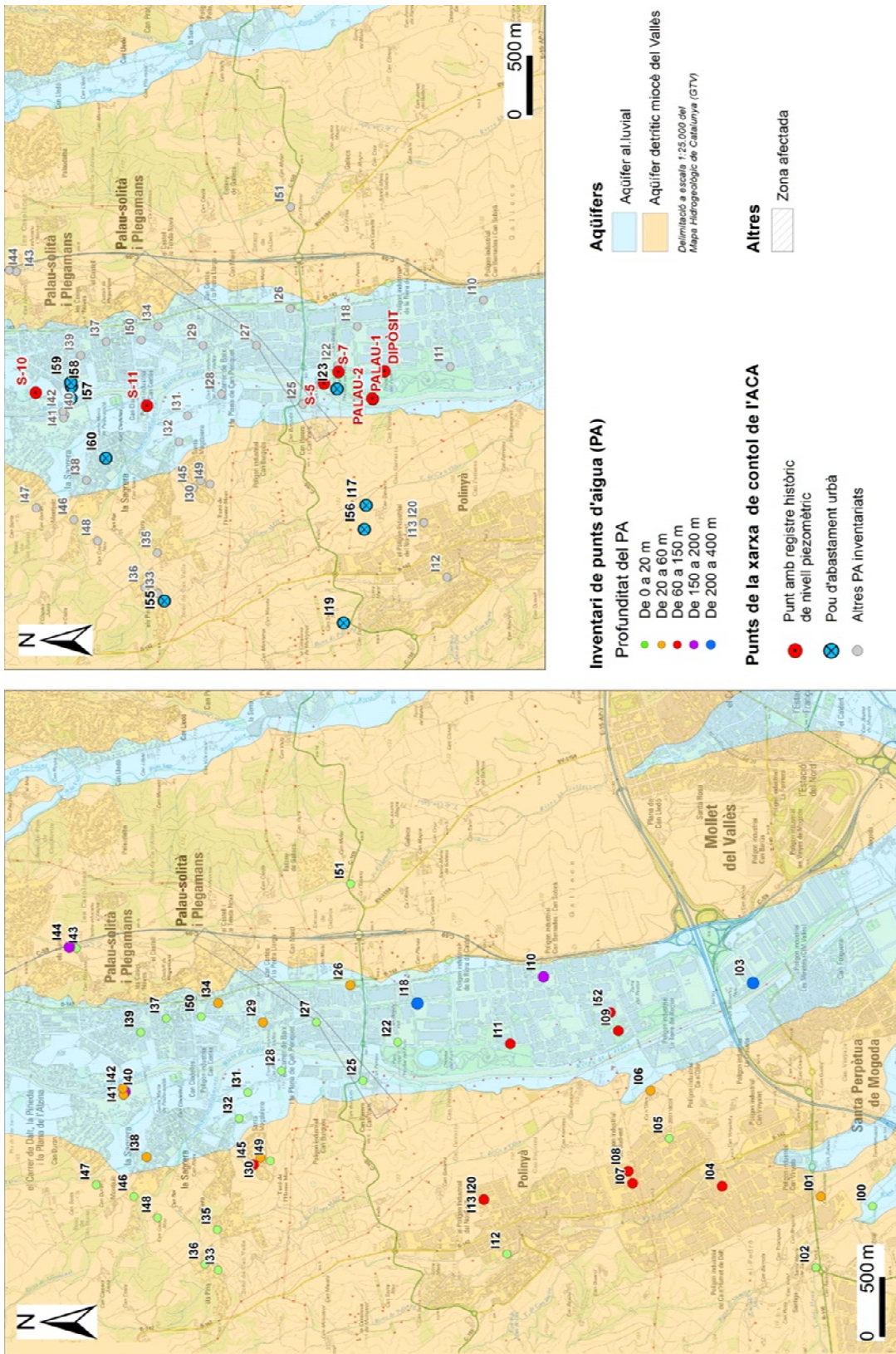


Figura 13: Punts de la xarxa de control de l'ACA amb registre històric de nivells piezomètrics i localització dels pous d'abastament urbà propers.

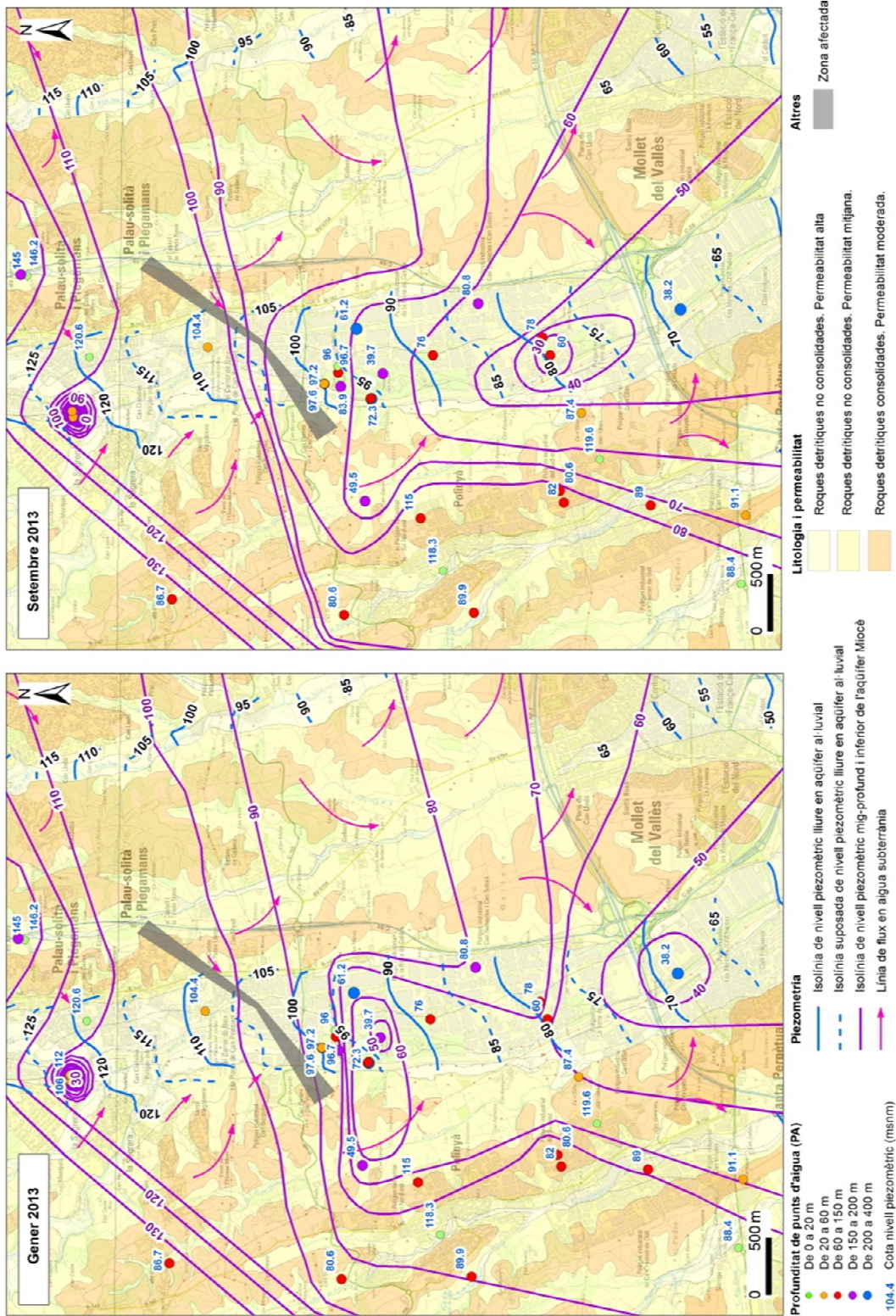


Figura 14: Piezometria corresponent als dipòsits quaternaris i primers metres del substrat miocè i piezometria corresponent als nivells detriàtics del miocè mig-profund segons dades del mes de gener de 2013. Piezometria corresponent als dipòsits quaternaris i primers metres del substrat miocè i piezometria corresponent als nivells detriàtics del miocè mig-profund segons dades del mes de setembre de 2013. Mapa Hidrogeològic de Catalunya 1:25.000 (ICGC, 2011)

6 Seguiment del moviment post esdeveniment

Segons s'ha comentat anteriorment i a partir dels informes recopilats, l'esfondrament del bloc sud de la falla es va aturar aproximadament el mes de juny de 1991. Des de llavors no s'ha observat una evolució de les patologies, ni s'han observat nous moviments del terreny relacionats amb esfondraments.

Dins del projecte "Anàlisi de subsidències de Catalunya DIFSAR", desenvolupat per l'ICGC, s'han analitzat les imatges de satèl·lit mitjançant interferometria satelital (InSAR), disponibles des de l'any 1996, per tal de detectar moviments verticals del terreny relacionats amb esfondraments. Tot i que el període analitzat amb aquestes dades de satèl·lit no permet reproduir l'esdeveniment del 1990, els resultats obtinguts si que permet fer una estimació de quins són els factors que poden condicionar el desenvolupament d'aquests fenòmens i el seu rang d'afectació.

Les imatges analitzades corresponen al processat de les dades obtingudes de les imatges de tres satèl·lits: ERS, Envisat i TerraSAR-X en tres períodes diferents (Taula 7).

Taula 7: Períodes dels que es disposa d'imatges pels diferents satèl·lits InSAR.

Satèl·lit	Període
ERS	1996-2000
ENVISAT	2003-2010
TerraSAR-X	2010-2011

Amb tot, cal tenir present que al no ser coetanis en el temps, no hi ha continuïtat de les dades entre ells (tenen un valor de referència "zero" diferent), fet que condiciona l'ús de les dades i la seva interpretació.

Paral·lelament, també es disposa dels resultats de 7 campanyes d'anivellació topogràfica de precisió al llarg de la zona d'estudi.

Els resultats obtinguts amb aquestes tècniques es desenvolupen en els punts següents.

6.1 Interferometria satelital (InSAR)

El processat obtingut a partir de les imatges del satèl·lit ERS del període 1996-2000, mostra una distribució de velocitats de moviment del terreny compatible amb la traça de la falla (Figura 15, plànol 6.1).

Pel que fa a la distribució de magnituds, mostra una zona al costat sud de la falla, entre els polígons Can Boada Nou i Can Boada Vell, amb una velocitat d'ascens mitjana superior a +1

cm/any que de forma gradual i sense observar distorsions angulars importants, passa a zones més estables al cantó nord de la falla. Seguint el traçat de la falla en sentit NE les velocitats d'ascens s'atenuen fins a arribar a valors propers a 0 a l'alçada de l'avinguda de Catalunya. Puntualment s'observa una zona al costat oest de la riera de Caldes amb valors de descens superiors a -1 cm/any.

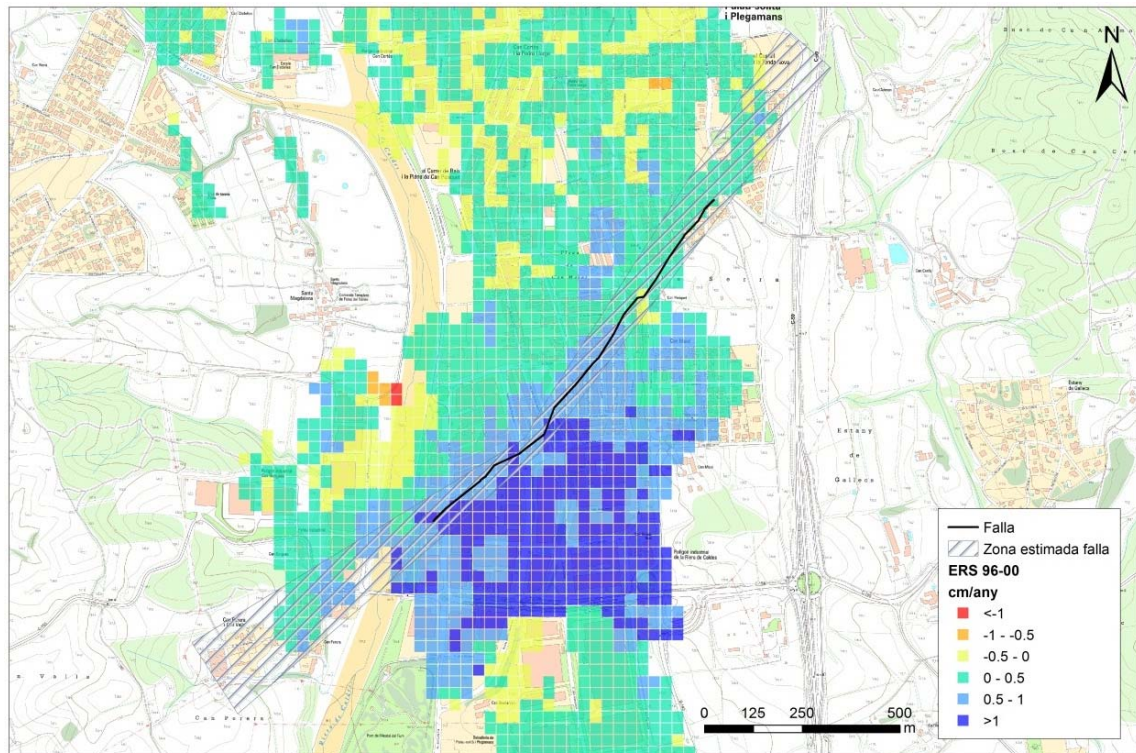


Figura 15: Mapa de resultats del processat de les dades de moviment vertical del satèl·lit ERS, pel període 1996-2000, expressats en velocitat de cm/any. Els valors positius indiquen un ascens del terreny, mentre que els valors negatius indiquen un descens.

La Figura 16, mostra el resultat combinat del processat d'imatges ENVISAT d'òrbita ascendent (de sud a nord) i òrbita descendent (de nord a sud), entre el període comprès entre març de 2003 i març de 2010 (plànol 6.2). Els resultats obtinguts, mostren una distribució compatible amb el traçat de la falla, si bé els valors de velocitat corresponen a moviments molt lleus a ambdós costats de la falla (valors entre -0.5 i +0.5 cm/any), però que són molt propers a la precisió de la tècnica utilitzada i per tant es poden considerar com a període estable en el conjunt de la zona.

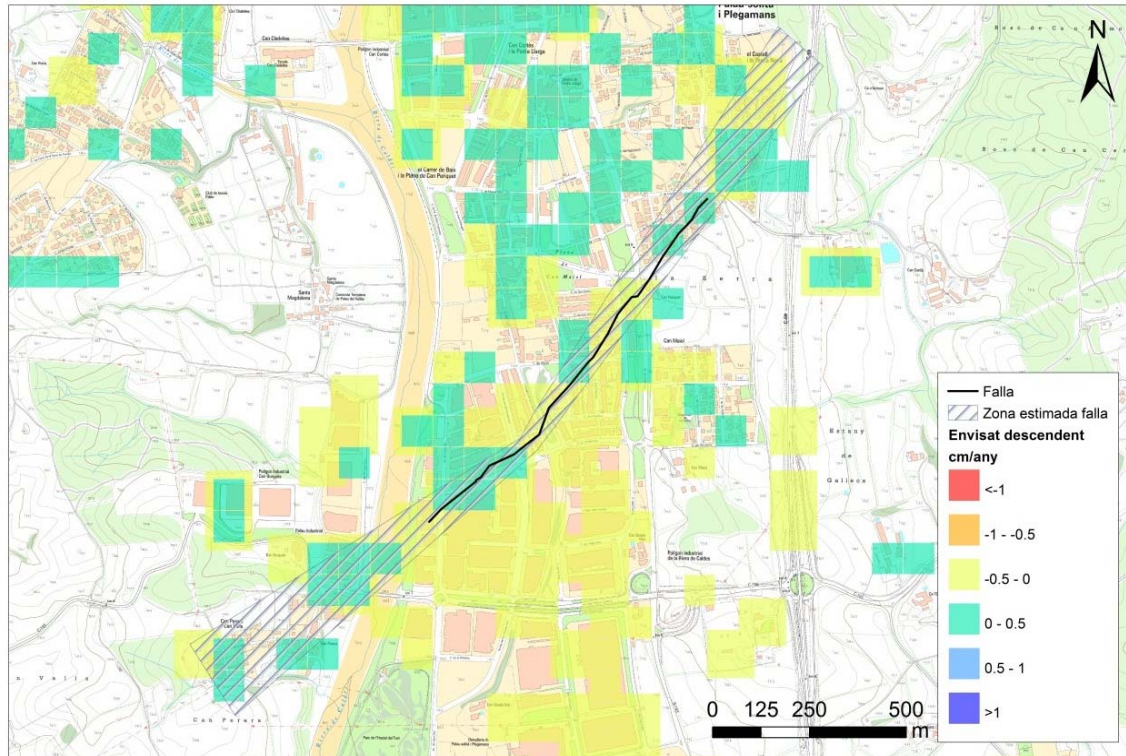


Figura 16: Mapa de resultats del processat de les dades de moviment vertical del satèl·lit ENVISAT, pel període 2003-2010, expressats en velocitat de cm/any. Els valors positius indiquen un ascens del terreny, mentre que els valors negatius indiquen un descens.

El processat d'imatges del satèl·lit TerraSAR-X, entre febrer del 2010 i maig de 2011, (Figura 17, plànol 6.3), mostra resultats similars a la distribució del satèl·lit ERS pel període de 1996-2000, amb velocitats d'ascens d'entre +0,5 i +1 cm/any i superior a +1 cm/any al costat sud de la falla, mentre que al costat nord, els rangs de velocitats obtinguts (entre -0,5 a 0,5 cm/any) són molt propers a la precisió de la tècnica utilitzada i per tant es consideren zones estables durant aquest període.

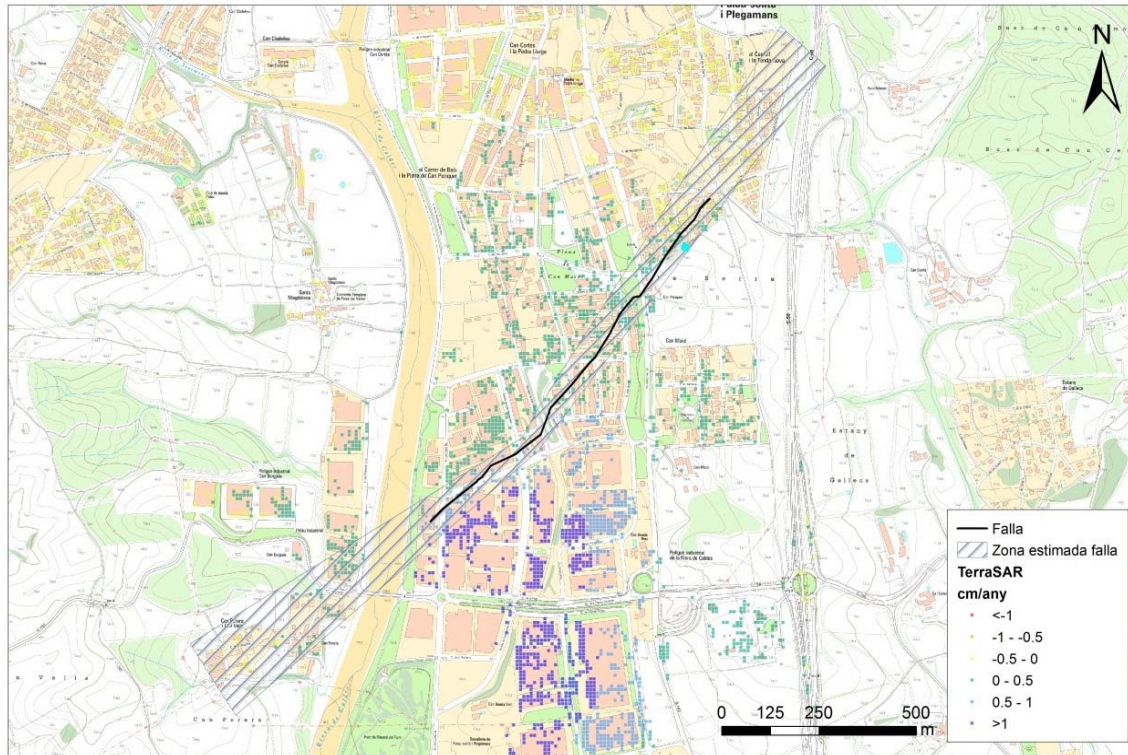


Figura 17: Mapa de resultats del processat de les dades de moviment vertical del satèl·lit TerraSAR-X, pel període 2010-2011, expressats en velocitat de cm/any. Els valors positius indiquen un ascens del terreny, mentre que els valors negatius indiquen un descens.

6.2 Anivellació topogràfica.

L'anivellació topogràfica, consta de 7 campanyes realitzades entre novembre de 2008 i desembre de 2012 (Taula 8) i consta de 84 punts de mesura en un traçat que va des de Can Maiol al polígon industrial La Torre del Rector.

Taula 8: Dates de les campanyes d'anivellació topogràfica.

Campanya	Data
C1	25/11/2008
C2	15/05/2009
C3	16/11/2009
C4	12/07/2010
C5	27/12/2010
C6	02/12/2011
C7	10/12/2012

Els resultats obtinguts (Figura 18, plànol 6.4), mostren una zona amb moviment d'ascens (velocitats entre +0,5 i +1 cm/any) comprés entre la Ronda de Boada Vell, l'avinguda del Camí Reial, el carrer de Santa Margarita de Boada Vell i el carrer dels Mercaders. A la resta de punts, les velocitats obtingudes són propers a 0 i per tant, no hi ha moviments destacables.

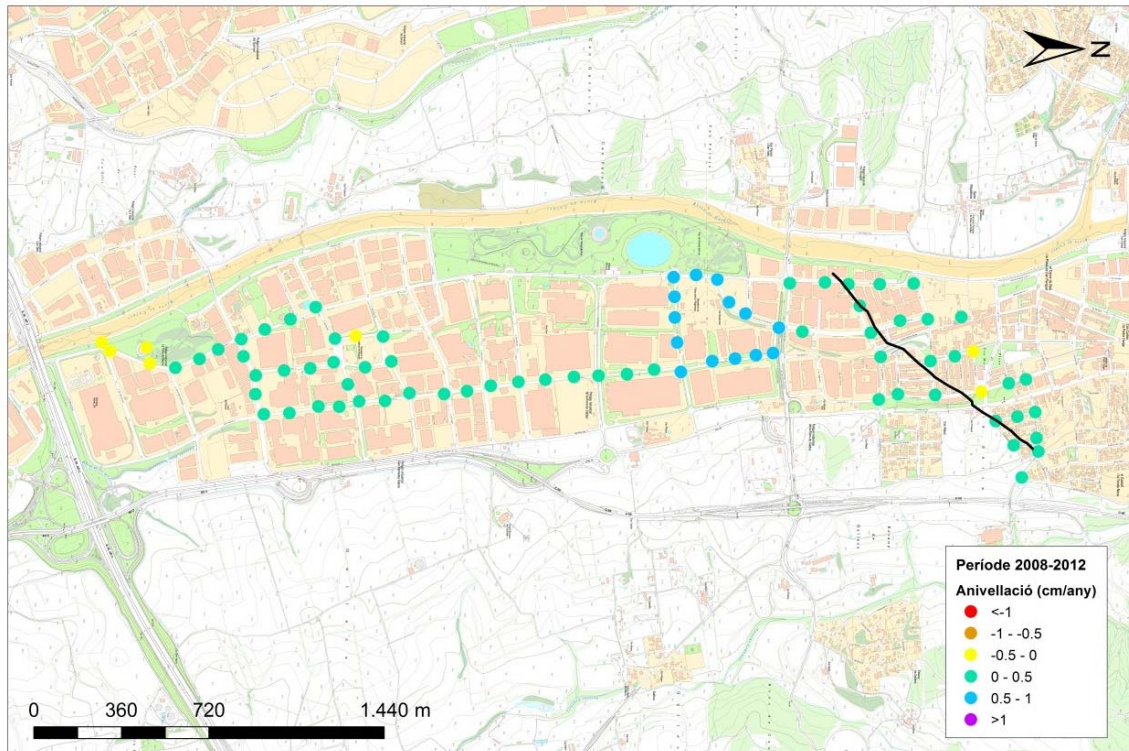


Figura 18: Mapa de resultats de l'anivellació topogràfica. Els valors positius indiquen un ascens del terreny, mentre que els valors negatius indiquen un descens.

6.3 Anàlisi dels resultats

Els resultats obtinguts amb les imatges del satèl·lits són congruents amb els obtinguts en les campanyes d'anivellació topogràfica. A grans trets, s'observa que hi ha una zona al bloc sud de la falla que correspon amb el polígon Can Boada Vell, on en aquest període analitzat (1996-2012) es produeix un lleu moviment d'ascens, mentre que els moviments detectats al bloc nord de la falla, es poden considerar imperceptibles. Cal destacar que tot i que la distribució dels moviments és compatible amb el traçat de la falla, el canvi de velocitats entre un costat i altre és molt gradual, de manera que no s'observen distorsions angulars importants (en tot cas, inferiors a 1/15000). Per tant, aquest moviment no es pot associar a un ascens del bloc sud per efecte de recuperació de la falla.

Un altre aspecte important és que aquests moviments afecten simultàniament i amb ordres de magnitud similars, tant els materials d'edat quaternària com els d'edat miocena.

En tots els casos i al llarg de tot el període analitzat s'observa que l'àmbit d'estudi es correspon amb una zona amb on es produeixen moviments del terreny de forma més o menys continuada en el temps, amb magnituds variables.

7 Subsidència natural i induïda

7.1 Factors condicionants i inductors de la subsidència

Els fenòmens relacionats amb subsidències (esfondraments lents i progressius) estan controlats per diversos factors condicionants, com poden ser les característiques litològiques dels materials que formen el subsòl, la disposició relativa entre ells i la presència de singularitats en l'estructura geològica. Paral·lelament és necessària la presència de factors inductors o desencadenants que són els responsables de controlar aquests processos subsidents, que poden tenir un origen natural o antròpic, donant lloc a una subsidència natural o induïda.

La majoria de processos relacionats amb esfondraments, tenen com a desencadenant del moviment la presència d'aigua circulant a través del subsòl, ja sigui per infiltració, per flux subterrani o per ascens i descens del nivell freàtic.

En el cas que ens ocupa, la litologia de l'àmbit d'estudi, presenta una susceptibilitat a desenvolupar moviments relacionats amb subsidències degut a la presència de materials detrítics no consolidats, una singularitat en l'estructura geològica (presència de falles) i fortes variacions en el nivell freàtic.

Els estudis previs sobre la fractura, analitzen les causes d'aquesta subsidència, determinant com a causes més plausibles, una possible sobreexplotació dels aqüífers o el moviment d'una falla. En aquest punt, es presentaran les dades disponibles sobre aquests dos fenòmens i una anàlisi sobre les mateixes.

7.1.1 Sismicitat

El context geològic de l'àmbit d'estudi, condiona l'existència de falles associades a l'estructura distensiva de la depressió de Vallès-Penedès. Una de les causes naturals que poden donar lloc a una subsidència, és el moviment associat a activitat neotectònica a través d'una d'aquestes falles. Aquest moviment generalment provoca un episodi sísmic, amb algunes excepcions en falles actives (Perea et al. 2014)

A partir dels antecedents, dels indicis i de la informació recopilada, s'associa la fractura del terreny objecte d'estudi a la presència d'una falla preexistent, d'ordre menor, inactiva, que afectaria el substrat miocè i que hauria progressat fins a la superfície a través dels sediments quaternaris.

En aquest sentit i per tal d'avaluar la hipòtesi d'un moviment sísmic, s'ha realitzat un buidatge de les dades del Catàleg de Sismicitat de l'Atlas Sísmic de Catalunya, amb els sismes que poden haver estat percebuts al municipi de Palau-Solità i Plegamans (*Annex III. Dades de registre sísmic*). Recopilant les dades dels sismes amb una intensitat igual o superior a 3 graus (MSK) fins

l'any 1989 i amb intensitat 2 des de l'any 1990 fins a l'any 2013, no s'ha trobat cap sisme perceptut entre els anys 1989-1990.

Projectant els epicentres de tots els sismes ocorreguts entre el 1989 i 1990, independentment de la seva intensitat i magnitud, s'observa que cap d'ells té el seu origen ni en la fractura objecte d'estudi ni en la depressió de Vallès (Figura 19).

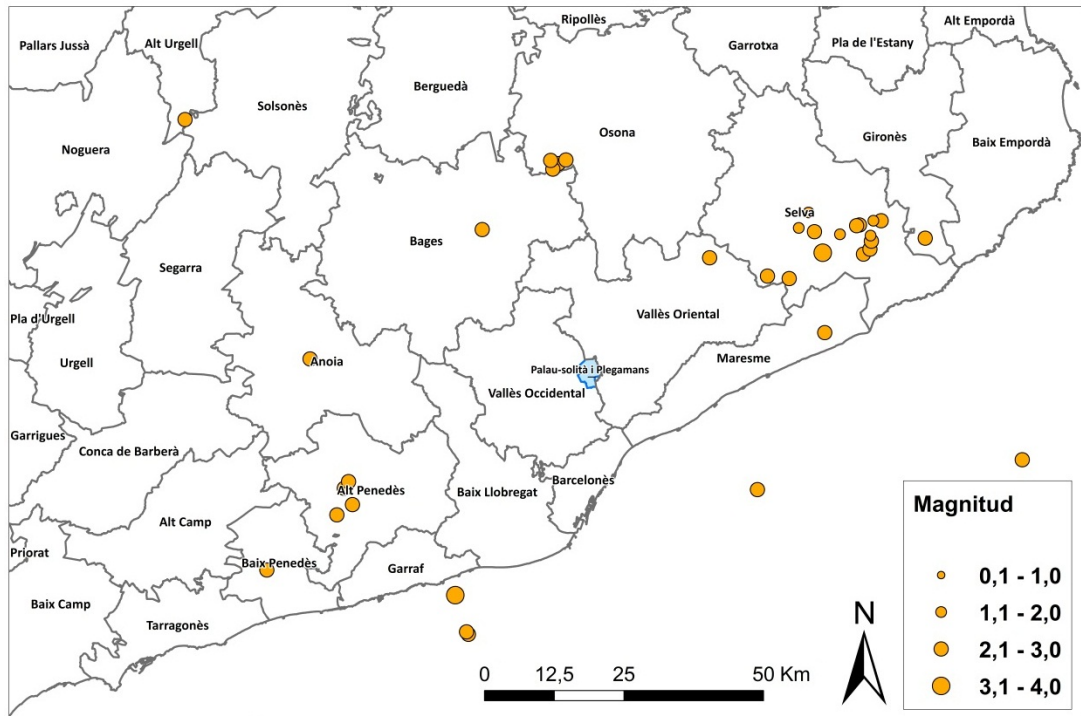


Figura 19: Mapa amb la situació dels epicentres instrumentals dels moviments sísmics enregistrats a Catalunya en el període 1989-1990. Catàleg de Sismicitat de l'Atles Sísmic de Catalunya

Segons es desprèn del recull d'informes previs sobre el moviment de la fractura, l'esfondrament es va desenvolupar aproximadament al llarg d'1 any, entre els mes de juny de 1990 (algunes fonts indiquen abril-maig) i el mes de juny de 1991, amb velocitats de fins a 6 mm/mes (73 mm/any) i alguns períodes sense evolució de les patologies. Aquesta evolució de l'esdeveniment no és associable a un moviment relacionat amb activitat neotectònica.

7.1.2 Sobreexplotació d'aqüífers

La relació entre el descens del nivell freàtic i l'assentament del terreny que es pot produir en superfície està àmpliament descrita en la literatura tècnica i científica, amb nombrosos casos documentats i analitzats tant per obra civil com en captacions d'aigua per a l'explotació humana.

En aquest sentit, una sobreexplotació dels aquífers, pot produir efectes negatius en l'activitat humana i patologies en les zones urbanes (IGME-COPOT 2001, Tomás 2006, Tomás 2014, Hernández-Madrigal 2014, Samsonov, S.V. 2014).

En l'àmbit d'estudi, s'ha observat una coincidència entre l'aparició de les patologies i el descens sobtat del nivell freàtic en alguns pous i piezòmetres.

A partir dels registres de dades de nivell piezomètric disponibles a través de l'ACA, s'ha representat l'evolució dels nivells piezomètrics en l'aqüífer al·luvial i en l'aqüífer miocè mig-profund i miocè inferior (Figura 20). A la taula següent es mostren les característiques d'aquests punts representats (Taula 9):

Taula 9: Característiques dels piezòmetres amb registre històric de nivells piezomètrics.

Nom	Profunditat pou (m)	Localització reixeta	Nivell aquífer
S5 / 08156-0056 / (I24)	51,4	0-51,4	Al·luvial / Miocè mig-profund
S7 / 08156-0057 / (I21)	42,2	4-42,2	Al·luvial / Miocè mig-profund
S10 / 08156-0059 / (I53)	18,95	3,1-18,95	Al·luvial
PALAU1 / 08156-0053 / (I15)	300	205-295	Miocè inferior
PALAU2 / 08156-0054 / (I16)	200	100-200	Miocè inferior
DIPÒSIT / 08156-0055 / (I14)	200	(Desconegut)	Miocè inferior?
S11 / 08156-0060 / (I54)	29,6	4-29,6	Al·luvial-Miocè sup

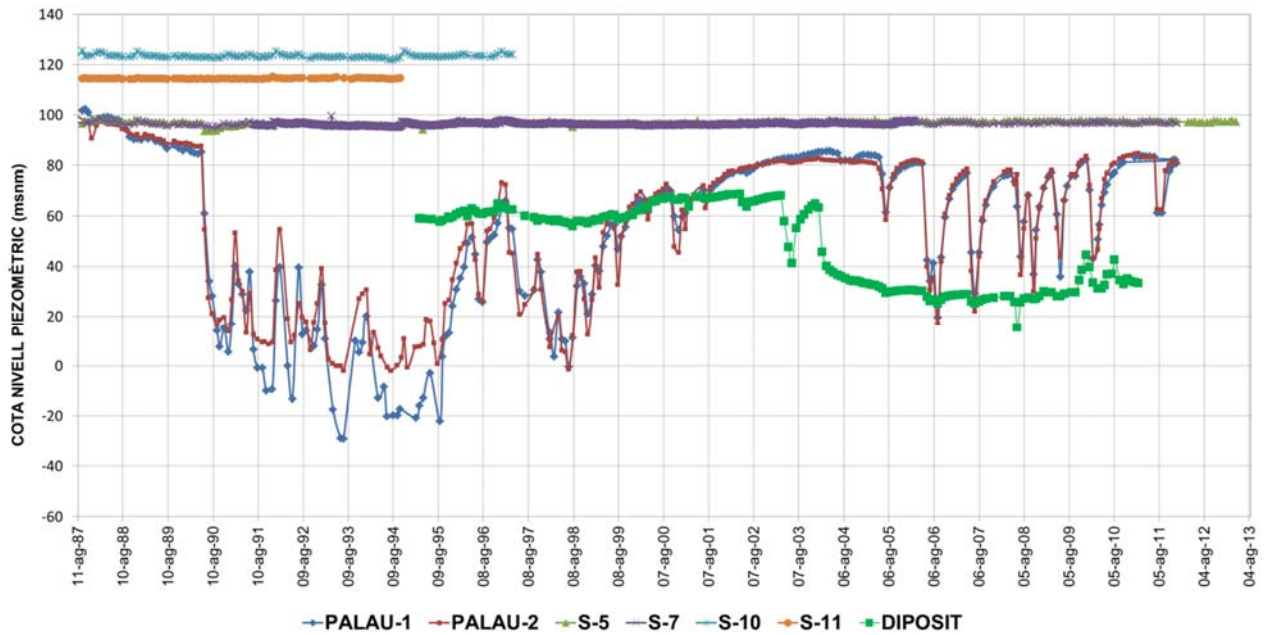


Figura 20: Evolució del nivell d'aigua a partir de les dades disponibles en diferents piezòmetres de la xarxa de control piezomètrica de l'ACA.

Les dades que s'extreuen de la gràfica de la figura 5 són les següents:

- Entre l'agost de 1987 (data des de que es disposa de dades) i el maig de 1990, el nivell en els piezòmetres Palau1 i Palau 2 presenta un descens constant amb un valor acumulat de 17.5 m.
- Entre el 5 de maig i l'1 de juny de 1990, el nivell en els piezòmetres Palau1 i Palau 2 pateix un descens sobtat. Entre aquesta data i el mes d'octubre, el descens acumulat és de 80 m. Aquest descens podria ser atribuïble a l'extracció d'aigua subterrània en el nivell inferior del miocè per part d'algun pou proper.
- Des de octubre de 1990 i fins el agost de 1995, els registres en els piezòmetres Palau-1 i Palau-2 dibuixen una evolució característica d'un règim d'explotació proper; l'extracció periòdica d'aigua en algun pou dels voltants faria baixar els nivells coincidint amb els períodes actius del pou i recuperar-los en el moment d'aturada de la bomba.
- El descens màxim de nivells s'assoleix entre el mes de juny i el mes d'agost de 1993 amb un total de 100 i 115 m.
- En línies generals, des d'agost de 1995 s'observa una progressiva recuperació dels nivells fins l'actualitat, probablement per un canvi en el règim d'explotació del pou causant dels descensos.
- Els registres del pou Dipòsit s'inicien el 1995. La tendència general dels seus nivells segueix lleugerament la tendència dels nivells en el piezòmetres Palau-1 i Palau-2 però de forma molt més atenuada. Cal tenir en compte, que es tracta d'un pou on en els nivells registrats podrien estar afectats pel seu propi règim d'explotació.

- Els piezòmetres S5 i S7, mostren una tendència constant en els seus nivells. El mes de juny de 1990, només registren un descens de 3 m, coincidint amb el descens sobtat en els punts Palau-1 i Palau-2. Aquest descens es recupera ràpidament i no tornen a produir-se descensos sobtats segons les dades disponibles.

S'interpreta que els pous de fins a 20 m exploten l'aqüífer al·luvial i/o la part superficial alterada de l'aqüífer miocè (basament superficial). Els pous d'entre 20 i 60 m aproximadament explotarien els nivells de l'aqüífer miocè de comportament predominantment lliure (basament mig-profund) i els pous de més de 100 m explotarien els nivells inferiors confinats de l'aqüífer miocè (basament profund). La baixa correlació entre els registres dels piezòmetres S-5, S-7 i Palau-1, Palau-2, demostra la desconexió que existeix entre el nivells al·luvial i mig-profund de l'aqüífer miocè amb el nivell inferior de l'aqüífer miocè.

7.1.3 Anàlisi dels resultats

Les dades del moviment de progressió de la fractura i l'absència de sismes en la zona en el període considerat permeten concloure que no hi ha indicis que permetin associar l'esdeveniment de 1990 amb activitat neotectònica.

Per altra banda, en el cas de la sobreexplotació d'aqüífers, un descens continuat del nivell piezomètric (amb un descens acumulat de 17.5 m entre l'agost de 1987³ i el maig de 1990) seguit d'un descens sobtat com el que es va produir entre el maig i el juny de 1990, de l'ordre de 80 m, provoca un canvi important en l'estat tensional del substrat miocè. En aquest sentit, l'episodi de 1990 va provocar una reducció de la pressió intersticial dels materials de l'aqüífer de l'ordre de 8.0 kg/cm² (o 80 T/m²) (considerant 1.0 kg/m² (10 T/m²) per cada 10 m de columna d'aigua) i per tant un increment del mateix valor en la tensió efectiva en aquests materials. Si la pressió de preconsolidació dels materials (pressió vertical efectiva màxima a la que han estat sotmesos els materials) és inferior a la tensió efectiva resultant, es pot produir un nou procés de consolidació dels materials afectats, amb la corresponent disminució del volum, que serà proporcional al gruix de l'estrat. Aquest assentament en profunditat pot provocar una deformació en la superfície del terreny que, generalment és inferior, degut a l'atenuació que es produeix a mida que progressa cap a la superfície.

La velocitat amb la que s'aplica aquest increment de pressió vertical efectiva també afecta a la resposta del materials; amb velocitats lentes, el terreny tendeix a deformar-se progressivament,

³ No es tenen dades anteriors a l'agost de 1987, de manera que no es pot saber si el descens acumulat és major al mesurat.

mentre que si la velocitat és més ràpida es pot produir una fractura en el terreny o mobilitzar tota la deformació a través d'una discontinuïtat preexistent.

La presència de discontinuïtats en el substrat com poden ser les falles, suposen l'existència de plans de debilitat que, en cas que es produeix un desequilibri en l'estat tensional, poden mobilitzar cap a la superfície tota la deformació produïda en profunditat. Amb tot, la presència d'una cobertura important de material quaternari pot atenuar força el moviment transmès, de manera que existeix una menor probabilitat de produir danys en superfície.⁴

Aplicant aquesta hipòtesi en l'àmbit d'estudi, l'important descens del nivell piezomètric hauria provocat una nova consolidació dels materials del nivell de l'aquífer i un falla preexistent en el substrat miocè, hauria mobilitzat aquesta deformació fins a la superfície, afectant també els materials quaternaris.

En aquest procés de consolidació de l'aquífer miocè, es produeix una deformació plàstica i un increment en la resistència dels materials, de manera que per produir una nova deformació per consolidació en el terreny, és necessari sobrepassar el valor de tensió efectiva que va generar el primer assentament. Associant aquest increment de la tensió efectiva a un descens en el nivell piezomètric, implica que caldria generar un descens major al de l'esdeveniment del 1990, per produir un nou episodi d'esfondrament (Figura 21).

Amb tot, aquesta hipòtesi és una aplicació directa del concepte teòric, i no concorda amb les mesures del piezòmetre Palau-1, on de l'octubre de 1990 a l'octubre de 1991, el nivell freàtic passa de +7.7 a -9.86 m (uns 18 m de descens) i de l'octubre de 1991 al juny de 1993, baixa fins a -28.94 m (uns 19 m de descens). Aquest fet pot estar relacionat amb la incertesa que existeix en la morfologia en profunditat de la falla i de l'estructura geològica així com dels paràmetres resistents del mateix pla de fractura, responsable de transmetre la deformació cap a la superfície.

A partir de les dades presentades en el punt 4.2.1 *Piezometria*, on s'observa la morfologia d'un con de bombament situat al nord del municipi (Figura 14, plànol 3.4), es pot deduir la morfologia d'aquest con que generaria un hipotètic bombament que hagués provocat el descens del nivell piezomètric de l'any 1990 enregistrat en els piezòmetres Palau-1 i Palau-2. Amb aquesta morfologia, s'observa una zona on es concentra el màxim gradient de descens del nivell piezomètric (de cota 100 m a cota -10 m en 190 m de longitud), mentre que a partir d'aquí el gradient es suavitza molt (de cota 100 m a cota 120 m en 260 m de longitud). Aquesta distribució implica que la màxima descàrrega de tensió en el terreny es dona en una zona molt concreta i que a mida que ens allunyem es recupera molt ràpid i la descàrrega és molt menor. Aquesta

⁴ Amb una potència de cobertura a partir de 15 m i es pot absorbir totalment aquesta deformació amb una cobertura de material quaternari d'uns 30 m de potència. (Gonzalez Vallejo, 2001)

distribució, explicaria perquè en la zona més industrial i amb presència de més pous (entre carrer de les illes i ronda boada vell) és on es donen les deformacions més grans en superfície i a mida que ens allunyem cap el carrer de la Llibreteria, aquestes deformacions són molt menors.

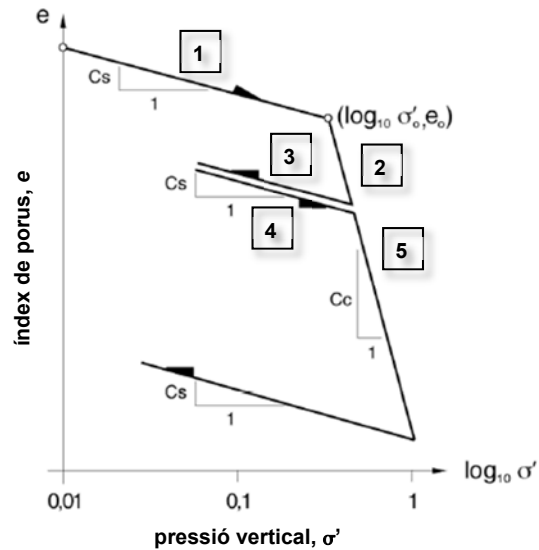


Figura 21: Esquema simplificat d'una corba edomètrica. Els increments de pressió vertical efectiva, σ' , es poden associar a descensos del nivell piezomètric **1)** increment de pressió efectiva en el tram elàstic. **2)** trajectòria de consolidació un cop superada la pressió de preconsolidació. **3)** trajectòria de descàrrega en el tram elàstic. **4)** trajectòria de recàrrega abans d'arribar al valor de pressió efectiva màxima, assolida en el tram 2. **5)** nova consolidació produïda en superar la màxima pressió assolida en el tram 2. (modificat de la "Guía de Cimentaciones para Obras de Carreteras", Ministerio de Fomento)

8 Delimitació de la perillositat

Un cop establerta la metodologia per a la determinació de la perillositat geològica per a esfondraments en el capítol 2, es procedeix a implementar-la en l'àmbit de la fractura objecte d'estudi, per tal de definir els límits dels diferents graus que se'n derivin.

Amb tot, les dades disponibles sobre els principals factors condicionants de la subsidència, com la distribució de substrat litològic, la zona d'afectació del possible con d'extracció o les característiques de la falla mobilitzada, no han permès establir una correlació amb la magnitud i distribució de les patologies. Aquesta implementació del criteri de perillositat geològica està condicionada per la pròpia singularitat de la fractura i pel fet de desenvolupar-se en zona urbana, afectant tant a edificacions com a infraestructures. Per tant, els límits d'aquesta zonificació s'han establert amb criteri tècnic en base a les patologies inventariades i als resultats dels perfils de geofísica realitzats (Figura 22):

- Zona 1, on es concentra la major deformació, situat entre la riera de Caldes i el carrer Sant Isidre, amb valors extrems de desplaçament vertical de 50 mm.
- Zona 2, situada a ambdós costats del sector 1: al NE, entre el carrer de la Llibreteria i l'avinguda Catalunya i al SW, entre la riba dreta de la riera de Caldes i el camí de Can Parera, amb valors extrems de desplaçament vertical considerats de 10 mm.
- Zona 3, situada en els dos extrems de la falla, amb desplaçaments verticals pràcticament imperceptibles.

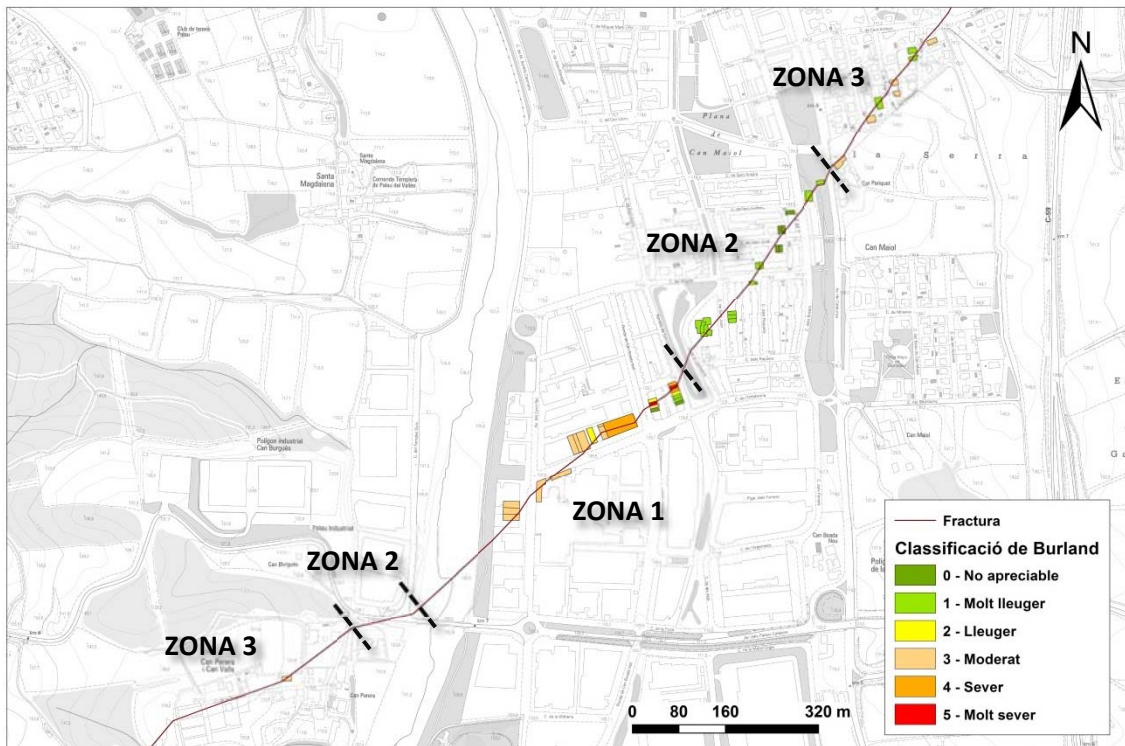


Figura 22: Mapa de la distribució de les zones diferenciades a partir de les patologies inventariades

En tota la llargada de la falla representada en els plànols que s'adjunten, i a partir de tots els antecedents referenciats en aquest document, s'estableix un marge d'incertesa a ambdós costats de la falla d'uns 3,00 m, obtenint una franja de 6,00 m on es considera que hi pot haver la fractura.

En funció de l'obertura i desplaçament vertical observats en les patologies dels edificis inventariats i a partir dels criteris de perillositat establerts en el capítol 2 del present document, es defineixen les següents franges de perillositat per a cada zona considerada, mesurats a partir de l'eix de la falla cartografiada (Taula 10, Figura 23 i plànols 8.1 i 8.2):

Taula 10: Límits de zonificació de perillositat geològica per a l'esdeveniment de 1990. Els valors dels límits estan aplicats a ambdós costats des de l'eix de la traça de la falla cartografiada .

	Zona		
	1	2	3
Límit zona falla	3.0 m	3.0 m	3.0 m
Límit perillositat Alta	10.5 m	--	--
Límit perillositat Mitjana	28.0 m	4.5 m	--
Límit perillositat Baixa	40.5 m	10.5 m	5.5 m

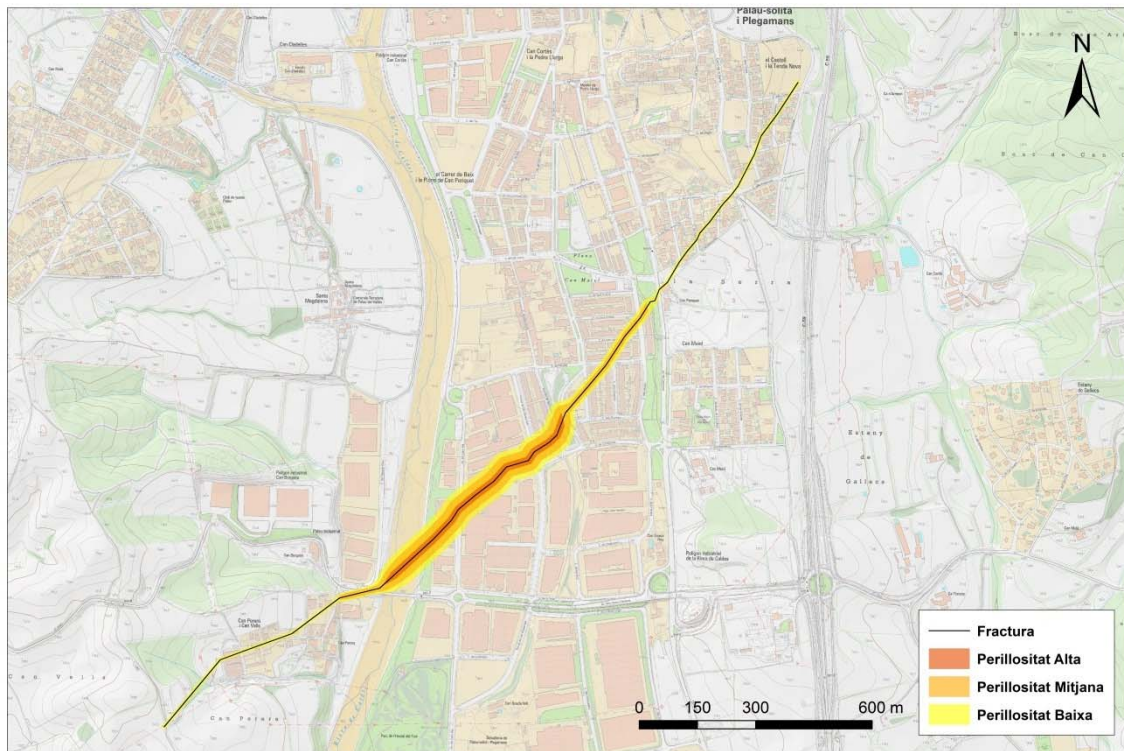


Figura 23: Mapa de la delimitació de la perillositat geològica per a l'esdeveniment del 1990.

Amb aquests límits, la franja de perillositat alta queda restringida en la zona 1, en el sector central que coincideix aproximadament amb els límits litològics de les unitats Qt0 i Qt1 (llit del riu actual i primera terrassa), tot i que en la part SE d'aquest Qt1, s'ha eliminat la franja de perillositat alta en el tram del pont i la carretera degut a la manca de patologies desenvolupades durant l'esdeveniment del 1990, però es manté una perillositat mitjana degut a la singularitat de l'estructura.

9 Conclusions

Les diferents hipòtesis presentades en els informes recopilats i els factors analitzats en aquest informe permeten establir com a hipòtesi més plausible de la causa de l'esdeveniment del 1990, una sobreexplotació de l'aqüífer miocè.

Amb tot, la manca dades importants sobre determinats factors clau per entendre les causes del seu desencadenament (com són l'estructura geològica local de detall, la distribució i paràmetres de les diferents unitats geològiques així com les dades sobre paràmetres hidrogeològics concrets com poden ser les piezometries de l'any de l'esdeveniment, cabals d'extracció, etc), fan que no sigui possible la realització un anàlisi retrospectiu de l'esdeveniment, que permeti confirmar aquesta hipòtesi.

Per tant, tal i com s'ha exposat en els objectius d'aquest informe les conclusions es centraran en els resultats obtinguts amb els treballs realitzats, amb l'anàlisi de les possibles causes que van desencadenar el moviment del terreny i amb la zonificació del terreny de perillositat geològica per esfondraments.

9.1 Afectació de la falla

Els resultats obtinguts en les diferents campanyes de prospecció geofísica mostren discontinuïtats en el terreny que es poden correlacionar amb la presència d'una falla en el terreny. En aquest sentit s'ha observat que la falla pot tenir una major continuïtat en els extrems, tant en sentit SW com NE, a partir de les dades del perfils IGC5 i P6, de manera que s'amplia la longitud de la cartografia de la falla fins aquests dos extrems (Figura 7, plànol 7.1). Amb tot, en aquests extrems no es té constància que s'hagin observat moviments en el terreny, ni patologies en edificacions o infraestructures.

Tenint en compte el context geològic de l'àmbit d'estudi, no es pot descartar l'existència d'altres falles d'ordre menor que podrien generar nous episodis d'esfondrament del terreny com el de 1990.

9.2 Moviments i evolució de la falla

L'esdeveniment del 1990, segons totes les fonts consultades es va desenvolupar aproximadament al llarg d'un any, entre abril i maig de 1990 i el juny de 1991. Amb posterioritat, no s'han observat ni documentat noves patologies associades a aquest moviment. Les dades de satèl·lit també confirmen l'absència de moviment associat a la falla i mostren moviments d'ascens del terreny, que es podria associar a una recuperació dels aquífers, com mostren les dades nivell piezomètric.

Les hipòtesis analitzades sobre les causes del moviment consideren una relació amb l'evolució del nivell piezomètric com a causa més plausible, i el descens sobtat enregistrat en els piezòmetres Palau-1 i Palau-2, s'associa a una sobreexplotació de les aigües subterrànies de l'aqüífer miocè.

Des de l'esdeveniment del 1990, no s'ha observat un comportament similar en la resposta del nivell piezomètric en aquest aqüífer, tot i que si que hi ha hagut nombrosos ascensos i descensos durant tot el període enregistrat. Per tant, amb aquestes premisses es considera que si no es reproduïxen les condicions de descens sobtat del 1990 la probabilitat de que es doni un nou moviment de la falla és baixa.

9.3 Zonificació de la perillositat

La zonificació obtinguda de la perillositat geològica en relació a l'esdeveniment de 1990 ha permès una reducció de la zona afectada per les restriccions en l'àmbit de risc 1 contemplada en el POUM de Palau-Solità i Plegamans, que queda restringida entre la riera de Caldes i el carrer de la Llibreteria (Figura 24).

Amb tot, els resultats obtinguts amb els perfils de geofísica fan que la franja amb perillositat baixa s'hagi ampliat uns 280 m en sentit SW i uns 115 m en sentit NE respecte del traçat original (Figura 25, Figura 26).



Figura 24: Zonificació de la perillositat geològica

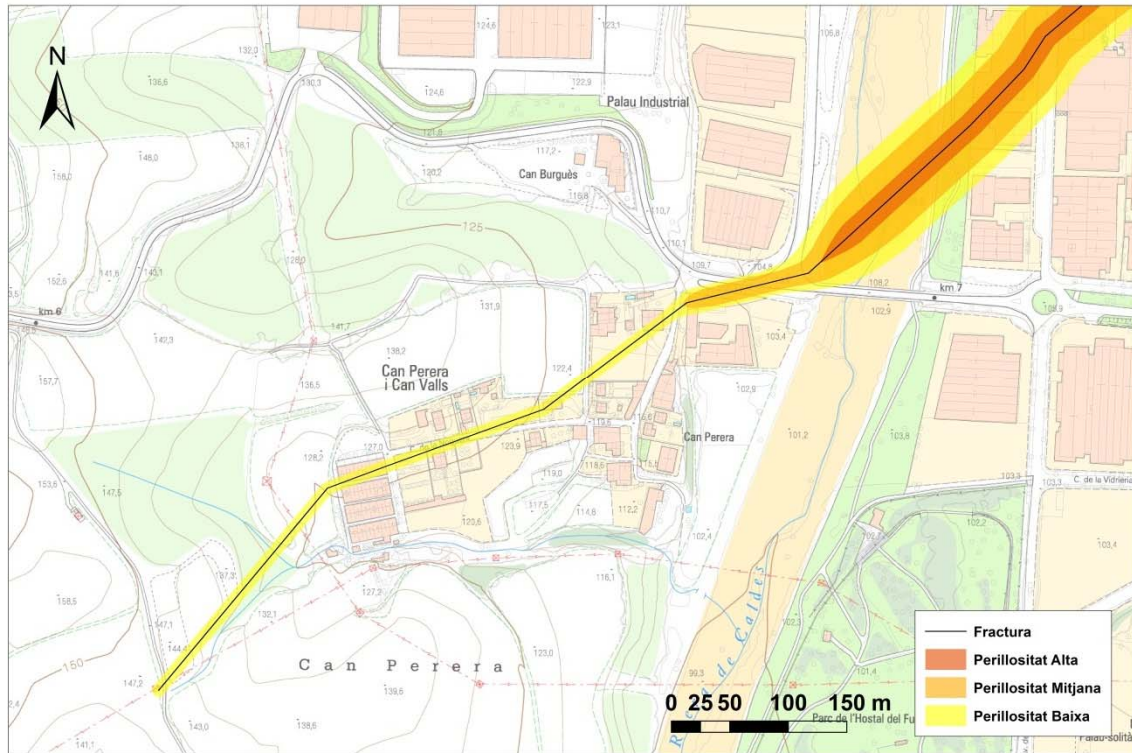


Figura 25: Detall de la zonificació de la perillositat geològica de l'extrem SW de la zona d'estudi.

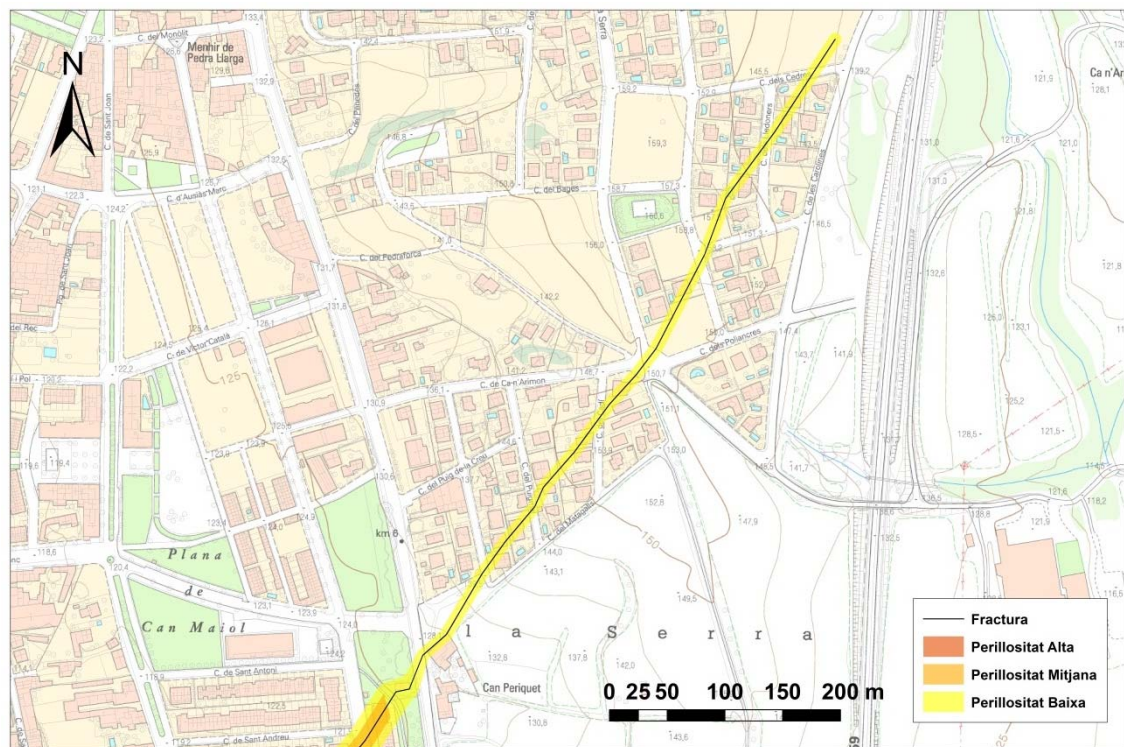


Figura 26: Detall de la zonificació de la perillositat geològica de l'extrem NE de la zona d'estudi.

10 Recomanacions

En aquest punt es presenten un seguit de recomanacions de tipus urbanístic i constructiu, encaminades a compatibilitzar l'existència de la falla amb la planificació urbanística i minimitzar els seus efectes en les zones en que la zonificació de la perillositat ho permeti. Paral·lelament s'exposaran una sèrie d'actuacions que tindran com a objectiu el seguiment de l'evolució del fenomen i mesures preventives per evitar el desencadenament d'un episodi com del de 1990, en base a les hipòtesis considerades en aquest informe.

10.1 Franges de protecció

En base a la nova zonificació de perillositat geològica presentada en el punt 7, es recomana modificar les franges de protecció de les edificacions, definides en el POUM de Palau-Solità i Plegamans, com a *àmbit de risc 1* i *àmbit de risc 2*, per les que es presentaran a continuació. Aquesta nova delimitació així com totes les consideracions definides, es recomana que quedin recollides en la normativa de planejament del municipi. En tot cas, les recomanacions que es presenten per a cada franja estableixen un criteri general, que caldrà desenvolupar amb la redacció de la nova normativa urbanística (Taula 11).

10.1.1 Franja de perillositat alta

Les restriccions imposades tant pels elevats valors de distorsió angular (majors a 1/150) com de desplaçament lateral obtinguts, fan que en aquesta franja es recomani mantenir les condicions definides per a l'*àmbit de risc 1* del POUM, de prohibició de construcció de noves edificacions, excepte les obres vinculades a la protecció i a la prevenció del risc generat per la falla, a la reparació dels efectes d'aquesta, i al manteniment i conservació bàsica dels edificis. Pel que fa a l'obra urbanitzadora, aquesta quedarà subjecte a un estudi específic que determini la seva viabilitat a nivell d'infraestructures i instal·lacions.

Qualsevol actuació en aquesta franja es tindrà en compte els valors de distorsió angular de:
 $\delta > 1/150$.

10.1.2 Franja de perillositat mitjana

En aquesta franja s'han generat distorsions angulars importants ($1/500 \leq \delta < 1/150$) que poden generar danys, tot i que no a elements estructurals, de manera que es poden mantenir les condicions definides per a l'*àmbit de risc 2* del POUM, d'aplicar les condicions d'edificació i urbanització de la clau de zona corresponent, o les establertes pel planejament derivat que el desenvolupi.

Els projectes que es presentin, sota criteri i responsabilitat del promotor, hauran de considerar el disseny de les estructures per tal de resistir les distorsions angulars esperades en aquesta franja, evitant la utilització d'estructures llargues i rígides i fomentant l'ús d'estructures amb mòduls i juntes que permetin un moviment relatiu, estructures isostàtiques, etc.

Es recomana que el volum edificat de nova implantació no es trobi afectat per la zona de falla de 6,00 m d'amplada.

En tot cas, les edificacions, construccions i urbanització que s'autoritzi hauran d'adoptar les solucions constructives previstes a la norma sismoresistent que garanteixin la integritat d'aquestes en el supòsit de desplaçaments horitzontals i verticals de la falla. En aquest sentit, recomanem aplicar el coeficient de risc sísmic elevat, ($ab/g = 0.10$), ja que els esforços que pot produir la falla sobre l'edifici són de caràcter dinàmic i assimilables als que es produeix en cas de sisme.

Per qualsevol actuació en aquesta franja es tindrà en compte els valors de distorsió angular de:
 $1/500 \leq \delta < 1/150$.

10.1.3 Franja de perillositat baixa

En aquesta franja els valors de distorsió angular són molt baixos ($<1/500$) i les patologies associades de caràcter lleu, de manera que no es preveuen restriccions d'edificació ni urbanització, tot i que cal tenir present que no es pot descartar l'aparició de noves esquerdes i en qualsevol cas, de fàcil reparació.

Es recomana que el volum edificat de nova implantació no es trobi afectat per la zona de falla de 6,00 m d'amplada.

Per qualsevol actuació en aquesta franja es tindrà en compte els valors de distorsió angular de:
 $1/750 \leq \delta < 1/500$.

Taula 11: Resum de les recomanacions de tipus constructiu en funció de la franja de perillositat i de la tipologia de l'edificació

	Tipus construcció	Restriccions constructives	Elements auxiliars	Conservació i rehabilitació	Usos i activitats
Franja de perillositat alta $\delta > 1/150$	Ús residencial	Prohibida la realització de noves edificacions i construccions residencials i no residencials.	A criteri i responsabilitat del promotor, els Serveis Tècnics de l'Ajuntament, permetran els elements auxiliars en funció de la situació i de les seves característiques.	Permesa la conservació i rehabilitació de les construccions, menys aquelles que pel seu estat, amb patologies constructives importants esdevenen irrecuperables o molt severes, d'acord amb la Classificació de Burland Permeses totes les obres vinculades a la protecció i prevenció del risc generat per la falla, i a la reparació dels efectes d'aquesta, en cas de que sigui recuperable, en funció del criteri i responsabilitat del promotor. Es tindran en compte els valors de distorsió angular de: $\delta > 1/150$	Per la realització d'activitats, usos, disseny de maquinària i instal·lacions es tindran en compte els valors de distorsió angular de: $\delta > 1/150$ Prohibida l'ampliació o la nova implantació d'activitats amb possible risc per les persones o el medi ambient
	Ús no residencial		Es tindran en compte els valors de distorsió angular de: $\delta > 1/150$		
Franja de perillositat mitjana $1/500 \leq \delta < 1/150$	Ús residencial	Permesa la realització de noves edificacions i construccions a criteri i responsabilitat del promotor, acomplint en el projecte, com a criteri estructural els valors de distorsió angular de: $1/500 \leq \delta < 1/150$	Es permet, a criteri i responsabilitat del promotor, els elements auxiliars. Es tindran en compte els valors de distorsió angular de: $1/500 \leq \delta < 1/150$	Permesa la conservació i rehabilitació de qualsevol tipus de construcció, i de les obres vinculades a la protecció i a la prevenció del risc generat per la falla i a la reparació dels efectes d'aquesta, a criteri i responsabilitat del promotor. Es tindran en compte els valors de distorsió angular de: $1/500 \leq \delta < 1/150$	Per la realització d'activitats, usos, disseny de maquinària i instal·lacions es tindran en compte els valors de distorsió angular de: $1/500 \leq \delta < 1/150$
	Ús no residencial	Es recomana que el volum edificat de nova implantació no es trobi afectat per la zona de falla de 6,00 m d'amplada.	A criteri i responsabilitat del promotor, els Serveis Tècnics de l'Ajuntament, permetran els elements auxiliars en funció de la situació i de les seves característiques. Es tindran en compte els valors de distorsió angular de: $1/500 \leq \delta < 1/150$		
Franja de perillositat baixa $1/750 \leq \delta < 1/500$	Ús residencial	Permesa la realització de noves edificacions i construccions acomplint en el projecte, com a criteri estructural amb els valors de distorsió angular de: $1/750 \leq \delta < 1/500$	Permesa la realització de noves construccions auxiliars acomplint en el projecte, com a criteri estructural amb els valors de distorsió angular de: $1/750 \leq \delta < 1/500$	Permesa la conservació i rehabilitació de qualsevol tipus de construcció, així com les obres vinculades a la protecció i a la prevenció del risc generat per la falla i a la reparació dels efectes d'aquesta. Es tindran en compte els valors de distorsió angular de: $1/750 \leq \delta < 1/500$	Per la realització d'activitats, usos, disseny de maquinària i instal·lacions es tindran en compte els valors de distorsió angular de: $1/750 \leq \delta < 1/500$
	Ús no residencial	Es recomana que el volum edificat de nova implantació no es trobi afectat per la zona de falla de 6,00 m d'amplada.	Permesa la realització de noves construccions auxiliars, en funció de la situació i de les seves característiques, acomplint en el projecte, i com a criteri estructural amb els valors de distorsió angular de: $1/750 \leq \delta < 1/500$		

10.2 Altres consideracions constructives

En els casos en que es consideri necessària la construcció d'elements auxiliars en naus o habitatges, aquests s'analitzaran de forma particular en funció de la franja on s'hagin d'implementar, de la tipologia i els usos previstos.

En el cas d'elements auxiliars habitatges, ja siguin de règim temporal o permanent (piscines, coberts, pèrgoles, etc), no es preveuen restriccions en la seva implantació, assumint per part del promotor, que són elements vulnerables i que poden patir danys en cas de produir-se un moviment del terreny, en funció de la franja de perillositat on es trobin.

En el cas de naus industrials, els criteris per a la implantació de magatzems, rampes d'accés, dipòsits, etc. s'establiran sota criteri d'aprovació municipal i les mesures a adoptar quedaran definides en el corresponent projecte, tenint en compte les consideracions exposades per a la franja de perillositat corresponent.

En els cas de canalitzacions i serveis en general que es trobin o travessin les franges de perillositat s'hauran de dissenyar de manera que siguin capaces de suportar els rangs de deformació corresponents, mantenint la seva integritat i ús.

En relació als usos i activitats caldrà tenir en consideració possibles restriccions en l'ús de maquinària industrial, instal·lacions i activitats que no tolerin els rangs de distorsió angular de les diferents franges de perillositat.

10.3 Auscultació i seguiment

Al llarg de la plana d'inundació de la riera de Caldes s'hi han implantat diversos polígons industrials amb pous que exploten les aigües de l'aqüífer miocè. La hipòtesi més plausible com a desencadenant del l'esdeveniment del 1990 analitzada en aquest informe, és la sobreexplotació de l'aqüífer miocè, que hauria provocat un desequilibri en l'estat tensional dels materials de l'aqüífer.

Partint d'aquestes premisses i per tal d'evitar una possible repetició d'aquest esdeveniment, és necessari evitar la sobreexplotació de l'aqüífer que pugui generar descensos importants dels nivells piezomètrics. Per poder detectar un possible escenari de sobreexplotació es recomana fer un inventari exhaustiu de tots el pous existents, un seguiment dels nivells piezomètrics i dels cabals d'extracció dels pous més significatius.

Aquest control del nivell dels aquífers és important perquè pel context geològic de la zona no es pot descartar l'existència d'altres falles d'ordre menor que podrien generar nous episodis d'esfondrament del terreny amb el mateix mecanisme que el que va desencadenar el del 1990.

En el cas dels edificis amb patologies afectats pel moviment de la falla, es recomana fer un seguiment periòdic de l'estat de les patologies per detectar possibles nous moviments. Aquest

seguiment es pot fer mitjançant la instal·lació de fissurímetres tipus regleta (figura) amb una freqüència de lectures semestral. Aquest seguiment es recomana que no sigui a nivell particular sinó que estigui coordinat per l'Ajuntament.

Paral·lelament i dins del projecte "Anàlisi de subsidències de Catalunya DIFSAR" desenvolupat per l'ICGC, està previst continuar amb el tractament de dades de satèl·lit mitjançant interferometria satel·lital per tal de realitzar un seguiment dels moviments del terreny en l'àmbit del municipi de Palau-Solità i Plegamans, que permeti obtenir un sèrie més contínua de dades i establir relacions amb les dades de l'evolució dels nivells piezomètrics.

Barcelona, 20 de desembre de 2016