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

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

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





Delimitació de la perillositat geològica de les zones afectades per l'esdeveniment de subsidència a Palausolità i Plegamans (Vallès occidental)



Codi: AP-0066/16

Desembre de 2016



# Històric del document

Versió	Data	Autor	Αςςιό
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 (304102)	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	Delimita	ació de la perillositat	44
9	Conclus	sions	47
	9.1 Af	fectació de la falla	47
	9.2 M	loviments i evolució de la falla	47
	9.3 Zo	onificació de la perillositat	48
10	Recoma	anacions	50
	10.1 Fr	ranges 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 AI	Itres consideracions constructives	53
	10.3 Au	uscultació 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 geoelèctrica 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 Palausolità 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:
  - Justificar que la línia de falla no afecta al volum edificat existent o de nova implantació.
  - 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.
  - 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 odre cronològic:

Dictamen sobre la patología 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'ambit 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

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

#### 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 l* 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.

ŝ

Perfil	X <sub>итм</sub> (m) inici	Y <sub>uтм</sub> (m) inici	X <sub>итм</sub> (m) final	Y <sub>uтм</sub> (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

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

# 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 Edificacion (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 còncava, cap amunt	1/1000
Murs de càrrega sense armadura con flexió còncava cap avall	1/2000

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

Perillositat preliminar	Distorsió angular esperable	Perillositat resultant
Alta	1/500 ≤ δ	Alta
	δ < 1/500	Mitjana
	δ ≥1/150	Alta
Mitjana	1/500 ≤ δ < 1/150	Mitjana
	1/750 ≤ δ < 1/500	Baixa
Baixa		

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).

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 avaluïn 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 avaluïn 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 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·limetre, que l'arquitecte atribueix al trànsit abundant de camions.

El desembre 1999, l'arquitecte Josep M<sup>a</sup> 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 relicta 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 cobertora 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 Vallés-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 (042º). 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 son 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 numero 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 te 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 geoelèctricament 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).

Intensitat del dany	Descripció de dany típics	Esquerdes (mm)			
0 No apreciable	0 No apreciable Fissures i esquerdes de menys de 0,1mm				
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. Varies 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			

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)
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	Dany	Obertura esquerdes		<b>Observacions</b> <sup>2</sup>
	construccio		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.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> segons dades de la Dirección General del Catastro (Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas)

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> ARTEG, 2008 dades de l'Ajuntament de Palau-Solità i Plegamans

Adreça/Nom	Any de	Dany	Obertura esquerdes		Observacions <sup>2</sup>
	construcció	-	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	Dany	Obertura esquerdes		Observacions <sup>2</sup>
	construccio		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 severs, 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 (Boscaardini, 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 l'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 del 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 la depressió. No obstant, la tectònica distensiva es manifesta també amb nombroses falles d'odre 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.



Basament

Z

Aquesta fossa es va anar reomplint de forma progressiva a mesura que avançava l'etapa distensiva, a partir del 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 suhoritzontal 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 aqüífers:

- Aqüífer al·luvial de la Riera de Caldes (304A13)
- Aqüífer 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 Aqüífer al·luvial de la Riera de Caldes (304A13)

Es tracta d'un aqüífer 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 aqüífer 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 (304102)

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 desconnexió 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.




## 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).

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

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

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 fina 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 comprés 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.

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

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

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 singularitats 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, condiciona 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'Atles 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

Delimitació de la perillositat geològica de les zones afectades per l'esdeveniment de subsidència a ICGC.AP-0066/16 Palau-solità i Plegamans

l'any 1989 i amb intensitat 2 des de l'any 1990 fins a l'any 2013, no s'ha trobat cap sisme percebut 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 del 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 aqüífers, 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):

Nom	Profunditat pou (m)	Localització reixeta	Nivell aqüífer
S5 / 08156-0056 / (I24)	51,4	0-51,4	Al·luvial / Miocè mig- profund
S7 / 08156-0057 / (l21)	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

Taula 9: Característiques dels piezòmetres amb registre històric de nivells piezomètric	cs.
---	-----

Delimitació de la perillositat geològica de les zones afectades per l'esdeveniment de subsidència a ICGC.AP-0066/16 Palau-solità i Plegamans



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.

Delimitació de la perillositat geològica de les zones afectades per l'esdeveniment de subsidència a ICGC.AP-0066/16 Palau-solità i Plegamans

 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 desconnexió 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 piezòmetric (amb un descens acumulat de 17.5 m entre l'agost de 1987<sup>3</sup> 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/cm<sup>2</sup> (o 80 T/m<sup>2</sup>) (considerant 1.0 kg/m<sup>2</sup> (10 T/m<sup>2</sup>) 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,

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> 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 cobertora important de material quaternari pot atenuar força el moviment transmès, de manera que existeix una menor probabilitat de produir danys en superfície.<sup>4</sup>

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'aqüífer 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'aqüífer 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 junt 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 dóna en una zona molt concreta i que a mida que ens allunyem es recupera molt ràpid i la descàrrega és molt menor. Aquesta

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Amb una potència de cobertora a partir de 15 m i es pot absorbir totalment aquesta deformació amb una cobertora 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, o', 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 informen 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 aqüífers, 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 reprodueixen 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

Delimitació de la perillositat geològica de les zones afectades per l'esdeveniment de subsidència a ICGC.AP-0066/16 Palau-solità i Plegamans



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'autoritzin 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:  $1/500 \le \delta < 1/150$ .

### 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:  $1/750 \le \delta < 1/500$ .

Taula 11: Resum de les recomanacions	de tipus o	constructiu	en funció	de la	franja	de perillositat	i de la tipo	ologia de
		l'edificac	ció					

	Tipus construcció	Restriccions constructives	Elements auxiliars	Conservació i rehabilitació	Usos i activitats	
Franja de perillositat alta Ús residencial Prohibida la realització de noves edificacions i construccions 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. Prohibida la residencials i no residencials.	Ús residencial	Prohibida la realització de	A criteri i responsabilitat del promotor, els Serveis Tècnics de l'Ajuntament, permetran els elements auxiliars en	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	Per la realització d'activitats, usos, disseny de maquinària i instal·lacions es tindran en compte els valors de	
	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: 8 > 1/150	bistorsio angular de: $\delta > 1/150$ Prohibida l'ampliació o la nova implantació d'activitats amb possible risc per les persones o el medi ambient				
Franja de perillositat mitjana 1/500 ≼8< 1/150	Ús residencial	Permesa la realització de noves edificacions i construccions a criteri i responsabilitat del promotor, acomplint en el projecte, com a	Es permet, a criteri i responsabilitat del promotor, els elements auxiliars. Es tindran en compte els valors de distorsió angular de: $1/500 \le \delta < 1/150$	Permesa la conservació i rehabilitació de qualsevol tipus de construcció, i de les obres vinculades a la protecció i a la prevenció	Per la realització d'activitats, usos, disseny de maquinària i instal-lacions es tindran en compte els valors de distorsió angular de: 1/500 ≤ δ < 1/150	
	Ús no residencial	criteri estructural els valors de distorsió angular de: $1/500 \le \delta < 1/150$ 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 ≤ 8 < 1/150	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: $1/500 \le \delta < 1/150$		
Franja de perillositat baixa 1/750 ≼ð< 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	Permesa la realització de noves construccions auxiliars acomplint en el projecte, com a criteri estructural amb els valors de distorsió angular de: $1/750 \le \delta < 1/500$	Permesa la conservació i rehabilitació de qualsevol tipus de construcció, així com les obres vinculades a la protecció i a la	Per la realització d'activitats, usos, disconu de meruirècia	
	Ús no residencial	de: $1/750 \le \delta < 1/500$ 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: $1/750 \le \delta < 1/500$	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 ≤ δ < 1/500	i instal·lacions es tindran en compte els valors de distorsió angular de: 1/750 ≤ δ < 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 aqüífers 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

Delimitació de la perillositat geològica de les zones afectades per l'esdeveniment de subsidència a ICGC.AP-0066/16 Palau-solità i Plegamans

Plànols







ICGC Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

Delimitació de la perillositat de les zones afectades per l'esdeveniment de subsidència a Palau-solità i Plegamans

Nom del plànol

Context hidrogeològic

Escala (A3) 1:10000 125 250 m 0

		-<
100	The March	12
		12A
		-2
		47"
		-
2		
<	2 AN	11/10
	\$ 1	
	1 PSIX	
		10 the
200		
12	17	
		1 A
A		
iozòmotr	e amb dada da piyall d'aigus	
lezometi	e amb dada de mven d'aigua	
a de nive a suposa	ell piezomètric lliure en aqüífe	er al·luvial
er al·luvia	al al	
neabilita	t	
es detrítio	ques no consolidades. Permo	eabilitat alta
es detrítio	ques no consolidades. Permo	eabilitat mitjana.
es detrítio	ques consolidades. Permeab	vilitat moderada.
100		AL-TOP
N	Codi projecte ICGC.AP-0066/16	Plànol núm. 3.1
$\square$	Jata 30/09/2016	Full 1 de 1

30/09/2016



ICGC

de Catalunva

Cartogràfic i Geològic



- Punt amb registre històric de nivell piezomètric
- $\oslash$ Pou d'abastament urbà
- $\bigcirc$ Altres PA inventariats

projecte Delimitació de la perillositat de les zones afectades per	Nom del plànol	Escala	(A3)	1:30000
l'esdeveniment de subsidència a Palau-solità i Plegamans	Inventari de punts d'aigua i xarxa de control de l'ACA			1:20000



Zona afectada





Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya





Escala	(4	43)	1:30000
0	250	500	1.000 m



Delimitació de la perillositat de les zones afectades per l'esdeveniment de subsidència a Palau-solità i Plegamans

0 100 200 400	Escala	(A3)	1:10000	
	0	100	200	400




















Velocitat de subsidència segons anivellació topogràfica 2008-2012

Escala		(A3)	1:12000
0	100	200	400 m





ICGC Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya







Delimitació de la perillositat geològica de les zones afectades per l'esdeveniment de subsidència a ICGC.AP-0066/16 Palau-solità i Plegamans

Annex I: Prospecció geofísica





Ampliació de l'estudi de caracterització geoelèctrica del subsòl a Palausolità i Plegamans realitzat l'any 2012



**Código:** GA007/16

Setembre 2016



# Índex

1	Introducció	2
2	Antecedents i objectius	3
3	Zona d'estudi	5
4	Treball de camp i processat	8
5	Resultats i Interpretació	13
6	Conclusions	21
7	Referències	23
8	Equip redactor de l'informe	24
9	Annex 1 - Descripció dels mètodes geofísics utilitzats	25
	9.1 Tomografia elèctrica	25
	9.2 Referències	28

# 1 Introducció

Aquest estudi ha estat realitzat per la Unitat de Tècniques Geofísiques de l'Institut Geològic de Catalunya, a petició de l'Àrea d'Enginyeria Geològica, com una ampliació de l'estudi previ realitzat l'any 2012 (GA013-12) i dins del projecte: "Anàlisi de subsidències de Catalunya DIFSAR", per a la caracterització geoelèctrica dels materials que formen el subsòl al llarg del terme municipal de Palau-solità i Plegamans.

El plantejament d'aquest treball segueix els mateixos objectius: observar si les imatges geofísiques procedents de la tomografia elèctrica permeten una bona identificació dels materials del subsòl. Així els principals objectius es defineixen com:

- Conèixer la litologia del subsòl identificant la seva potència i continuïtat lateral en els models geoelèctric 2D fins a 50-60 metres de fondària.
- Relacionar la caracterització geofísica resultant de l'estudi amb l'estructura geològica del subsòl i amb la possible presència de falles i fractures de la zona.
- Definir la direcció de la falla superficial al llarg del municipi de Palau-solità i Plegamans.

La metodologia utilitzada consisteix en la realització de sis perfils 2D de tomografia elèctrica distribuïts en sis zones prèviament seleccionades al voltant de la població de Palau-solità i Plegamans, que creuen la possible trajectòria de la falla objecte d'estudi.

# 2 Antecedents i objectius

L'any 1990, l'àrea d'estudi del polígon industrial de Can Boada es va veure afectada per l'obertura d'una fissura en el terreny sobre diverses naus del polígon industrial així com a vivendes unifamiliars adjacents. Aquest esdeveniment va ser estudiat l'any 2001 amb un treball geofísic per part del Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica de la Universitat de Barcelona per conèixer les causes que havien produït el moviment del terreny. Posteriorment, altres estudis geofísics i geològics han relacionat aquests moviments amb la localització de la falla inferida en el Miocè. L'any 2012, l'IGC va dur a terme un estudi geofísic amb la tècnica de la tomografia elèctrica amb cinc perfils 2D, que va donar lloc a resultats satisfactoris (GA013-12). Aquests perfils es trobaven situats dins de la riera de Caldes i també en una zona una mica més allunyada (Figura 1) cap a l'Oest de la població. En els models resultants es van identificar les litologies del subsòl observant canvis laterals que es podien associar a la localització d'una o més falles/fractures.

L'objectiu del present treball és fer un seguiment de la fractura superficial detectada en aquesta zona del terme municipal de Palau-solità i Plegamans, a través de la realització de perfils 2D de tomografia elèctrica de 355 metres de longitud per arribar a una fondària adequada a l'objectiu de l'estudi, uns 60 metres de profunditat.

En les noves àrees d'estudi no es detecten moviments del terreny ni s'observen efectes en edificis o elements superficials, però es vol conèixer la disposició de les litologies del subsòl i correlacionar-la amb la localització de la falla o fractura superficial.

Seguint aquest mateix objectiu, es proposa ampliar aquest estudi amb sis perfils addicionals de tomografia elèctrica 2D, paral·lels entre ells i seguint la suposada trajectòria de la falla.



Figura 1. Localització dels perfils 2D de tomografia elèctrica que es van realitzar l'any 2012 amb la localització de la fractura superficial en vermell (fractura 1) i la falla inferida en el Miocè en groc (falla 2).

# **3** Zona d'estudi

La zona d'estudi es localitza al voltant de la població de Palau-solità i Plegamans (Figura 2). Els sis perfils estan distribuïts als dos costats de la Riera de Caldes, tal com s'observa a la Figura 2, per tal de poder seguir la localització de la fractura. Els perfils de tomografia es van centrar per a resoldre de la manera més efectiva la fractura superficial. És a dir, el centre del perfil es va situar en l'objectiu de l'estudi (fractura superficial) per tal de poder tenir la màxima fondària d'investigació en aquest element geològic.



Figura 2. Part del mapa geològic 1:25000 del full de Mollet del Vallès (IGC, 2006) i llegenda de les unitats geològiques presents a l'àrea d'estudi (requadre vermell).

Llegenda del mapa geològic 1:25000.



Geològicament, l'àrea d'estudi està constituïda per nivells de terrasses al·luvials amb dipòsits quaternaris col·luvials associats (Navarro, 1989).

Els dipòsits al·luvials estan formats per tres terrasses:

- <u>Qt2:</u> formada per còdols arrodonits i poligènics de pissarres, roques granítiques, calcàries i gresos, amb matriu argilosa i associada a dipòsits col·luvials formats per argiles i llims amb nòduls de carbonat.
- <u>Qt1:</u> formada per còdols arrodonits poligènics de litologies similars a les terrasses superiors però amb una tendència a la disminució de la mida del gra.
- <u>Qac3:</u> formada pel llit ordinari de la riera, consta de còdols poligènics, blocs, sorres i llims d'igual litologia que les dues anteriors.

Els dipòsits col·luvials constitueixen els dipòsits llimosos vermells procedents dels vessants adjacents d'edat miocena i que es troben tallats i/o sota les terrasses. Per sota dels materials quaternaris es troben els terrenys miocens formats per argiles predominantment grogues amb nivells lenticulars sorrencs i conglomeràtics (NMcc-NMsa).

A nivell estructural i, en superfície, es detecta una fractura que segueix aproximadament una disposició rectilínia amb direcció predominant SW-NE (042°) en la zona Can Boada vell, en el polígon industrial de la Riera de Caldes (objecte d'aquest estudi), i una falla inferida en el miocè en direcció paral·lela a la fractura anterior que va des de Palau-solità i Plegamans fins al polígon industrial de Can Ferreres al municipi de Polinyà.

## **4** Treball de camp i processat

El treball de camp s'ha dut a terme durant els mesos de juny i juliol de 2016. En total s'han adquirit sis perfils de tomografia elèctrica (ERT), la localització dels quals es mostra en la Figura 3. En ella es presenta la posició dels sis nous perfils del 2016 sobre una ortofoto, respecte de les característiques geològiques conegudes de la zona: fractura superficial (la qual es vol estudiar amb més detall, línia vermella) i falla inferida (línia groga). També s'han ubicat els quatre pous de la zona, els quals van ajudar a fer la interpretació dels models geolèctrics en l'anterior campanya geofísica del 2012.



Figura 3. Zona d'estudi: localització dels cinc perfils de tomografia elèctrica del 2012 (línia continua negra) i dels sis perfils d'ERT d'aquest 2016 (línia continua taronja). Posició de la fractura superficial suposada i falla inferida coneguda. També es mostren en blau els pous propers de la zona.

Els perfils del 2016 s'han realitzat en l'orientació NNO-SSE intentant que siguin paral·lels entre ells i que travessin la fractura superficial de la manera més perpendicular possible i en el centre del perfil per tal de poder adquirir la màxima fondària en la seva posició en la zona per se suposa que passa la fractura. Tots els perfils són de 355 metres de longitud excepte el perfil 2 que presenta una llargada de 213 metres de longitud, a causa que no hi havia més espai per allargar la línia a ambdós costats del centre del perfil.

Les coordenades UTM ETRS89 (m) dels sis perfils geofísics es mostren a la taula 1, i la seva direcció i sentit d'adquisició a la taula 2.

	Tècnica	geofísica	X <sub>UTM</sub>	(m)	$Y_{UTM}$	(m)	X <sub>UTM</sub>	(m)	Υ <sub>υτм</sub>	(m)	Longitud
	(Nomenclatura p	perfil)	inici		inici		final		final		total (m)
P1	Tomografia	Elèctrica	430685		460222	28	430744	L	460188	31	355
	(Perfil 1)		100000		100222		1007 11		100100		
P2	Tomografia	Elèctrica	430945		460226	63	430942		460205	52	213
	(Perfil 2)					-				_	
P3	Tomografia	Elèctrica	431182		460238	39	431091		460204	5	355
	(Perfil 3)					-				-	
P4	Tomografia	Elèctrica	431773		460331	6	431842		460279	)7	355
	(Perfil 4)					-					
P5	Tomografia	Elèctrica	432005		460340	)2	432107		460306	61	355
	(Perfil 5)										
P6	Tomografia	Elèctrica	432112		460366	3	432191		460335	58	355
	(Perfil 6)										

Taula 1. Coordenades UTM dels perfils geofísics realitzats en ETRS89.

Taula 2. Direcció i sentit d'adquisició dels perfils de tomografia elèctrica.

Codi perfil	Orientació	Sentit d'adquisició
Perfil 1	NW-SE	NW-SE
Perfil 2	NW-SE	NW-SE
Perfil 3	NE-SW	NE-SW
Perfil 4	N-S	N-S
Perfil 5	NW-SE	NW-SE
Perfil 6	NW-S	NW-S

Tot seguit, es presenten els paràmetres d'adquisició i la instrumentació utilitzada. La campanya de tomografia elèctrica s'ha dut a terme amb la instrumentació de tomografia elèctrica SYSCAL cedida pel grup EXES (Geofísica de la Universitat de Barcelona) sota el conveni firmat per ambdues institucions (IGC-UB, 2008). L'adquisició dels perfils s'ha realitzat amb 72 elèctrodes separats 5 metres entre ells arribant a una longitud total de 355 metres, corresponent a una fondària aproximada de 50-60 metres, en tots els perfils excepte en el segon, on la separació entre els elèctrodes va ser de 3 metres entre ells. En aquest darrer perfil, la longitud total va ser de 213 metres i la profunditat d'investigació es va reduir a uns 40 metres, aproximadament. A les taules 3 i 4 es descriuen els diferents paràmetres d'adquisició, així com les característiques de l'equip de tomografia elèctrica emprat.

Taula 3. Paràmetres d'adquisició del perfil de tomografia elèctrica (ERT) on es presenta el nom del dispositiu utilitzat per a l'obtenció del model final, nombre d'elèctrodes emprats, separació entre els elèctrodes, factor de qualitat (%), repetició de mesures o stack mínim i màxim, i temps de mesura o mostreig (ms).

Paràmetres	Valor
Dispositius	Wenner-Schlumberger/ Dipol-Dipol
Nombre d'elèctrodes	72
Separació entre elèctrodes (metres)	5/3
Factor de qualitat, Q màx. (%)	0.5/1
Stack mín./ màx.	3/6
Temps de mostreig (ms)	250

Taula4. Instrumentació elèctrica utilitzada.

Posistivímetre	Syscal Pro amb 10 canals de mesura simultània.				
Resistivimetre	Fins a 1000V-250W-2.5A. IRIS INSTRUMENTS (Orleans, França).				
Cables elèctrics	6 bobines de cable amb 12 connexions/cu. espaiades 5/3 m.				
Elèctrodes	72 elèctrodes d'acer inoxidable.				
Font d'energia	Bateria 12V. Control automàtic del rang de corrent a injectar.				

Les figures 4 i 5 mostren una sèrie d'imatges amb detalls de l'equip d'adquisició de dades de camp, els cables i els elèctrodes clavats al terra.



Figura 4. Resistivímetre Syscal Pro (esquerra) i cable d'elèctrica estès al llarg d'un perfil (dreta).



Figura 5. Imatge d'un elèctrode connectat amb el cable de l'equip de mesura sobre el carrer. Els forats on es col·loquen els elèctrodes estan perforats sobre la carretera i el cable protegit del pas dels vehicles.

Les dades adquirides amb la tomografia elèctrica s'han processat i filtrat amb el programa PROSYS II per tal d'obtenir un fitxer de dades de bona qualitat. Aquest procediment permet generar models finals del subsòl amb errors relativament baixos, menors del 10%. Per a l'obtenció del model de variació de la resistivitat elèctrica del subsòl s'ha utilitzat el programari d'inversió de dades elèctriques RES2DINV (Loke, 2004). Els detalls de la tècnica de la tomografia elèctrica s'inclouen en l'Annex 1.

# **5** Resultats i Interpretació

Els resultats obtinguts amb la tècnica de tomografia elèctrica i la interpretació dels models geoelèctrics es presenten en aquest apartat.

Els models finals es presenten en les figures 6, 7 i 8. La Figura 6 mostra els models dels tres perfils situats a l'Oest del municipi de Palau-solità i Plegamans (perfil 1, perfil 2 i perfil 3). La Figura 7 mostra els models del costat Est del municipi (perfil 4, perfil 5 i perfil 6). Finalment, la Figura 8 mostra el conjunt dels perfils per tal de detectar qualsevol discontinuïtat en les característiques o estructures geològiques.

Els models obtinguts amb la tomografia elèctrica permeten diferenciar litologies en funció dels valors del paràmetre físic de la resistivitat elèctrica, així com detectar canvis en les propietats dels materials a causa de la presència de fluids en els porus. Aquesta última característica dels mètodes elèctrics els fa útils per delimitar les zones afectades per circulació d'aigua. En el cas del perfil 1, la topografia ha estat mesurada i introduïda en el processat de les dades per tal de no introduir artefactes anòmals en el model. En els altres models s'ha considerat menyspreable la topografia per tenir molt poca variació d'elevació.

### Models Perfil 1, Perfil 2 i Perfil 3 (costat Oest de la Riera de Caldes)

La Figura 6 mostra els models dels perfils 1, 2 i 3, més o menys paral·lels entre ells i separats una distància aproximada de 200 metres. En els tres models s'ha obtingut un medi heterogeni format per una alternança de materials resistius i conductius. S'observa una primera capa de valors de resistivitat elèctrica entre 60 i 200  $\Omega$ ·m coherents amb un reblert antròpic o materials al·luvials poc compactats: nivell A. Aquest nivell A presenta un gruix màxim aproximat d'uns 6 metres al llarg del perfil 1, un gruix d'uns 10 metres en el perfil 2 i un gruix variable, entre els 20 i els 5 metres, en el perfil 3.

Per sota el nivell A, es detecta el nivell C, conductiu amb valors per sota dels 20  $\Omega$ ·m que correspondria a materials del Miocè formats per matriu argilosa amb margues que fan disminuir encara més el paràmetre físic de la resistivitat elèctrica. Aquest nivell es mostra bastant continu en els tres perfils i conté cossos lenticulars més resistius que s'interpreten

com aportacions de nivells sorrencs. Al costat Oest de la riera, el nivell C apareix aproximadament a uns 5 - 10 metres de fondària i arriba a una profunditat d'uns 20 - 40 metres depenent de la zona estudiada.

Finalment, es detecta un nivell basal B de material resistiu amb valors de resistivitat elèctrica que oscil·len entre els 20 i els 150  $\Omega$ ·m. Aquest nivell es mostra a partir dels 20 metres de fondària (perfil 2) i arriba fins a la màxima fondària dels models. El nivell B està format bàsicament per còdols arrodonits i poligènics de pissarres, roques granítiques, calcàries, gresos i conglomerats (100 -150  $\Omega$ ·m). Aquesta capa s'identifica com part del Miocè, segons les testificacions dels sondeigs propers.

Cal destacar que en el perfil 1 i 3, s'han trobat canvis significatius en la fondària del nivell basal B (Figura 6), que podrien estar associats a la presència de la fractura o també a les característiques del canals conglomeràtics que formen aquesta capa.



Figura 6. Perfils 1, 2 i 3 situats a l'Oest de la Riera de Caldes. Models de resistivitat elèctrica obtinguts a partir de la tomografia elèctrica i interpretació litològica corresponent.

#### Models Perfil 4, Perfil 5 i Perfil 6 (costat Est de la Riera de Caldes):

La Figura 7 mostra els tres models resultants dels perfils de tomografia elèctrica realitzats a la part Est de la Riera de Caldes, en el municipi de Palau-solità i Plegamans. La seqüència dels nivells es presenta diferent a l'altra costat de la Riera de Caldes. En aquest cas és el nivell C el que arriba fins a la màxima fondària assolida pel mètode de la tomografia elèctrica amb canvis laterals importants que es detecten de forma molt clara.

En el cas dels perfils 4 i 5, la part superficial mostra la presència d'una zona resistiva, nivell A, amb un gruix reduït d'uns 5 metres que correspondria al reblert o al material al·luvial poc compactat del Quaternari. A continuació, apareix el Miocè definit per una alternança de materials conductius, nivell C, i resistius, nivell B. La primera capa conductiva corresponent al nivell C, es mostra amb un gruix variable. El nivell basal B (Miocè amb nivell de graves, còdols i conglomerats) es mostra amb un gruix aproximat que oscil·la entre els 10 metres i els 30 metres. Els valors de resistivitat elèctrica del nivell B del Miocè es troben en el rang entre els 20  $\Omega \cdot m$  i els 100  $\Omega \cdot m$  amb zones puntuals de major resistivitat, 150  $\Omega \cdot m$ . Per sota el nivell B, es localitza el nivell més conductiu del Miocè, nivell C, que es descriu com el material argilós i nivells lenticulars de sorra o conglomerats (< 20  $\Omega \cdot m$ ).

En el cas del model del perfil 6, no es detecta un nivell resistiu en superfície que es pugui relacionar amb el reblert o material poc compactat. Des de superfície es detecta una capa conductiva que s'interpreta com el Nivell C. Per sota, el model presenta el nivell B a uns 10 metres de fondària en el costat S del perfil i per sota apareix un contacte important amb el material conductiu del nivell C, que arriba fins a la màxima fondària del model. En aquest perfil, el nivell C presenta un canvi lateral molt important a la fondària de 20 metres del costat NO del model. Es produeix un contacte entre el nivell C conductiu i un cos resistiu amb valors de resistivitat elèctrica propers als 200  $\Omega$ ·m. Aquest cos presenta una inclinació en el seu sostre d'uns 70° cap al S que podria correspondre a algun nivell conglomeràtic del Miocè.

En aquest cas, en els tres perfils estudiats al costat Est de la Riera de Caldes, s'identifiquen variacions laterals i també de fondària del nivell B, que es podrien associar, igualment, a l'existència de la fractura detectada en superfície (Figura 7) o senzillament al comportament dels canals conglomeràtics.



Figura 7. Perfils 4, 5 i 6 situats a l'Est de la Riera de Caldes. Models de resistivitat elèctrica obtinguts a partir de la tomografia elèctrica i interpretació litològica corresponent.

#### Interpretació conjunta

La Figura 8 mostra els sis models de resistivitat elèctrica en una mateixa escala de colors que permet interpretar els resultats de la geofísica i correlacionar amb la litologia del subsòl a ambdós costats de la Riera de Caldes. Les línies negres de les figures 6 i 7, marquen en cada model, la localització dels nivells A, B i C diferenciats pel seu rang de resistivitat elèctrica interpretat a la taula 5.

Rang de resistivitat ( $\Omega \cdot m$ )	Interpretació
60 - 200 (Nivell A)	Quaternari. Zona més resistiva i superficial
	corresponent a materials de reblert antròpic i/o dipòsits
	al·luvials poc compactats.
20 - 150 (Nivell B)	Miocè. Zona de mitjanament resistiva a resistiva
	localitzada a certa fondària. Dipòsits de graves i còdols
	de pissarres, roques granítiques, calcàries, gresos i
	conglomerats característics dels materials neògens.
< 20 (Nivell C)	Miocè. Zona més conductiva. Matriu argilosa amb
	margues i alguna zona de conglomerats, sorres i graves
	més puntual que dóna resistivitats més elevades.

Taula 5. Interpretació dels sectors de resistivitat elèctrica delineats en els models finals de la inversió.

Els resultats obtinguts es poden correlacionar amb la testificació del piezòmetre S5, el qual es troba localitzat a les proximitats del perfil 2 de l'any 2012 i a l'extrem SO del perfil 3 de l'any 2016 (figures 3 i 8). Les coordenades UTM del corresponent piezòmetre S5 i la seva testificació es presenta en la taula 6. El piezòmetre S5 presenta poca profunditat, uns 32 metres, però els materials testificats es correlacionen correctament amb els comportaments elèctrics detectats en els models finals de la inversió. Bàsicament, el sondeig S5 reconeix nivells de matriu argilosa amb intercalacions de graves, sorra i/o conglomerats, és a dir, el que s'interpreta com el nivell C del perfil 3 (Miocè).

Finalment, cal destacar que les variacions laterals en el Miocè, nivells C i B, es detecten en tots els casos en el centre del perfil on se suposava que hi havia la presència de la fractura superficial a estudiar. Això podria fer pensar que aquest canvi lateral es podria correlacionar amb la localització de la fractura (figures 6 i 7) però també se sap que aquest comportament és típic de nivells conglomeràtics on els canals de diferents edats geològiques se situen a diferents fondàries.

Taula 6. Coordenades de la localització dels piezòmetres S5 i Palau 1 de la zona d'estudi i la seva testificació geològica:

Piezòmetre	UTM X	UTM Y	Fondària (m)	Testificació geològica
S5	431290.2	4602234.8	31.5	0-6 m. Graves argiloses.
				6-7 m. Argiles amb graves.
				7-24 m. Graves i argiles.
				24-31.5 m. Nivells de gresos,
				graves i argiles.



Figura 8. Imatge conjunta dels sis perfils (2016) sobre una imatge de la zona d'estudi que permet observar la continuïtat de les capes i la fractura superficial (línia vermella) a ambdós costats de la Riera de Caldes. També s'han inclòs en la imatge els perfils del 2012 i els pous propers existents en la zona.

20

# 6 Conclusions

Les conclusions més importants sobre la zona d'estudi d'aquest treball són les següents:

- Segons les característiques elèctriques es defineixen tres nivells de comportament diferent. Nivell A: material més resistiu entre 60 i 200 Ω·m que correspon al reblert antròpic, al·luvial no compactat o material de terrassa que forma el Quaternari. Nivell B: material de resistivitat mitja entre 20 i 150 Ω·m que es relaciona amb el material amb graves i gresos que forma part del Miocè. Nivell C: material més conductiu entre 1 i 20 Ω·m que representa el material argilós i llantions de sorres i conglomerats, que també forma part del Miocè.
- Els dos costats de la riera de Caldes presenten comportaments geolèctrics lleugerament diferents. El costat Est mostra respostes geoelèctriques on s'identifica un nivell de quaternari en superfície i, posteriorment, el nivell del Miocè format per una alternança de materials conductius i resistius (seqüència de nivells C- B- C) amb un clar predomini d'un entorn conductiu. Mentre que al costat Oest del Miocè apareix una alternança de nivells en la disposició C-B amb un clar predomini d'un entorn resistiu.
- En tots els perfils, excepte el perfil 6, es detecta un reduït gruix de materials formats pel nivell A al voltant de 5 metres que s'interpretaria com Quaternari o material de reblert.
- El nivell B s'observa de forma molt clara en tots els perfils i es pot seguir la seva continuïtat. La fondària de la capa, però, és diferent a ambdós costats de la riera de Caldes. A l'Oest de la riera, el nivell B apareix a uns 40 metres de fondària i fins a la màxima fondària d'investigació del model, per sota del nivell C. En el costat E, pel contrari, el nivell B apareix a uns 10 metres de fondària i envoltat per la capa conductiva, nivell C.
- El nivell conductiu C, que també formaria part del Miocè, es detecta en els sis perfils però de manera diferent a cada costat de la riera de Caldes. A l'Oest de la riera, el nivell C apareix a uns 5 metres de fondària formant una capa per sobre del nivell B. En el costat E, pel contrari, el nivell C apareix en superfície envoltat del nivell B i fins a la màxima fondària del model.
- En tots els models de resistivitat elèctrica s'observen discontinuïtats laterals importants en el Miocè (nivell C i nivell B), les quals es poden associar a la presència de la fractura superficial o també a les variacions laterals típiques dels

materials conglomeràtics. Per a conèixer el seu origen caldria estudis geològics més concrets.

Pel que fa a la metodologia emprada en aquest treball es pot concloure que:

- La utilització de la tècnica de la tomografia elèctrica amb una separació de 5 metres entre els elèctrodes és una bona eina per poder interpretar el comportament litològic del subsòl fins uns 60 metres de fondària.
- Els resultats finals de l'estudi geofísics reforcen la hipòtesi que les variacions laterals dels materials del Miocè, podrien ser la causa de la fractura detectada en superfície ja que coincideixen en la seva posició. Tanmateix, podria ser només una variabilitat en els dipòsits conglomeràtics deguda a canals de diferents edats geològiques, les quals es troben a diferents profunditats del subsòl.

# 7 Referències

Loke, M.H. (2004). 2-D and 3-D electrical imaging surveys, (PDF available from <a href="http://www.geoelectrical.com/">http://www.geoelectrical.com/</a>).

Navarro Flores, A. (1989). "Estudio de los acuíferos aluviales de la cuenca media del rio Besós. Origen y evolución de la continuación". Tesi doctoral. Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica; Universitat de Barcelona.

Institut Geològic de Catalunya, 2010. Realització d'una malla de talls geològics al Vallès Occidental (Sabadell). TR-003/10.

Mapa geològic 1:25000 IGC, ICC i Generalitat de Catalunya Departament de medi Ambient i Habitatge. Barcelona (2006).

Institut Geològic de Catalunya, 2012. Caracterització geoelèctrica del subsòl a Palausolità i Plegamans. GA-013/12

# 8 Equip redactor de l'informe

Son autors d'aquest informe Anna Gabàs, Fabián Bellmunt, Bea Benjumea, Albert Macau i Sara Figueras. Per a la realització dels treballs de camp s'ha comptat amb la col·laboració de Jose Sedano, Marta Torrent i Rubén Sousse.
## 9 Annex 1 - Descripció dels mètodes geofísics utilitzats

## 9.1 Tomografia elèctrica

A grans trets, el mètode elèctric en corrent continu consisteix en injectar un corrent en el terreny i mesurar la diferència de potencial produïda pel mateix en punts determinats de la superfície. A partir dels valors de corrent i diferència de potencial mesurats es pot obtenir la distribució de la resistivitat elèctrica del subsòl, propietat física de la matèria que mesura la dificultat que presenta el corrent elèctric en travessar-la.

La resistivitat elèctrica és una de les magnituds físiques que presenta major rang de variació i solapament a la natura, ja que la resistivitat de les roques i minerals que componen el subsòl depèn, entre altres, de la composició química, de la porositat i l'estructura del material, i de la quantitat i el tipus de fluid que contenen. La Figura A-1 mostra un esquema de la distribució del rang de valors de la resistivitat elèctrica per a diferents minerals i roques.



Figura A-1. Esquema del rang de variació de la resistivitat elèctrica en algunes roques i minerals (modificat d'Orellana, 1982).

En el cas d'estudis del subsòl (medi heterogeni) la resistivitat elèctrica no es pot obtenir directament amb mesures realitzades des de la superfície, i per això, s'introdueix el concepte de resistivitat aparent ( $\rho_{ap}$ ):

$$\rho_{ap} = K \frac{\Delta V}{I} = KR$$

On K és el factor geomètric que representa l'efecte de les distàncies interelectròdiques en funció del dispositiu de mesura, amb dimensions de longitud, i R és la magnitud de la resistència elèctrica.

El valor de la resistivitat aparent obtingut en aquest cas, no coincideix necessàriament amb la resistivitat elèctrica del medi, sinó que serà funció de totes les resistivitats presents i de les distàncies interelectròdiques. Només coincidiran en el cas particular d'un medi homogeni. La magnitud de la resistivitat aparent depèn de la secció geoelèctrica, del dispositiu, i de l'orientació del perfil.

Actualment, la tècnica de prospecció elèctrica en corrent continu més utilitzada és la tomografia elèctrica (ERT), que consisteix en el trasllat d'un dispositiu electròdic al llarg d'un perfil amb increments en la separació entre els parells d'elèctrodes del dispositiu (elèctrodes de corrent i potencial) augmentant així la profunditat d'investigació. A la Taula A1 es resumeixen les principals característiques dels dispositius més utilitzats en tomografia elèctrica. Es valoren aspectes fonamentals de la prospecció elèctrica com la profunditat d'investigació, l'amplitud del senyal en funció de l'espaiat entre els elèctrodes de corrent i de potencial (n) i la sensibilitat del dispositiu, que valora el grau en el que un canvi en la resistivitat del subsòl provoca una variació del potencial mesurat entre els elèctrodes de mesura.

Dispositiu	Profunditat d'investigació	Amplitud senyal / n	Sensibilitat resistivitat	a canvis de
			Verticals	Laterals
Wenner	2	1	1	4
Wenner-Schlumberger	3	2	1	3
Dipol-Dipol	4	4	2	1
Pol-Dipol	1	3	2	2

Taula A-1 Comparació entre els dispositius lineals més utilitzats. La numeració correspon a una valoració entre 1-4. 1: més favorable i 4: més desfavorable (modif. de Ward, 1990).

La tècnica ERT utilitza els valors de resistivitat aparent mesurats en superfície per generar imatges on es representen els valors i les variacions de la resistivitat elèctrica del subsòl. En la representació de les dades mitjançant pseudoseccions, la posició horitzontal assignada als punts mesurats es troba al punt mig del dispositiu, mentre que la localització vertical es situa a una distància proporcional a la separació entre els elèctrodes de corrent i els de potencial involucrats en la mesura. A partir d'aquesta resistivitat aparent mesurada es pot obtenir la distribució espacial de la resistivitat del subsòl amb la resolució del problema invers (ex. Loke 2001, 2004). L'objectiu de la inversió geoelèctrica és obtenir un model de distribució de resistivitats que generi una resposta equivalent a la imatge de resistivitats aparents mesurada des de la superfície. Les solucions numèriques per a resoldre el problema directe en tomografia elèctrica es poden obtenir mitjançant els mètodes d'elements finits o de diferències finites.

El procés d'obtenció d'un model del subsòl mitjançant la inversió es resumeix a la Figura A-2. A partir de les dades mesurades en superfície, i representades en forma de pseudosecció (Dades mesurades), i d'un model inicial homogeni de resistivitats del subsòl s'obté la resposta (Dades calculades) mitjançant la resolució del "problema directe. Aquesta resposta es compara amb les dades mesurades i es determina l'error a partir de la diferència entre elles (RMS). Tenint en compte el valor de l'error es modifica el model inicial de resistivitats del subsòl, i es repeteix el procés anterior. D'aquesta manera, i després d'una sèrie d'iteracions, s'assoleix un model de resistivitats del medi que s'ajusta a les resistivitats aparents mesurades.



Figura A-2. Esquema del procés d'inversió en tomografia elèctrica (basat en Marescot, 2003).

## 9.2 Referències

Loke, M.H (2001). Electrical imaging surveys for environmental and engineering surveys, PDF available from <a href="http://www.terrajp.co.jp/lokenote.pdf">http://www.terrajp.co.jp/lokenote.pdf</a>.

Loke, M.H. (2004). 2-D and 3-D electrical imaging surveys, (PDF available from <u>http://www.geoelectrical.com/</u>).

Marescot, L., Loke, M.H., (2003). Using the Depth of Investigation Index Method in 2D Resistivity Imaging for Civil Engineering Surveys. SAGEEP 2003. Denver, USA.

Orellana, E. (1982). Prospección geoeléctrica en corriente continua. 2ª Edición Paraninfo, 577 pp.

Ward, S.H. (1990) Resistivity and induced polarization methods. In: Geotechnical and Environmental Geophysics. Volume I: Review and Tutorial, pp147-190. SEG, Tulsa, OK.

Annex II: Inventari de punts d'aigua

IDPA	CODI_ACA	NOM	XUTM	YUTM	Z	PROFUNDITAT	DIÀMETRE	BROCAL	TIPUS
100	PS_I0	Centre Rec. Fauna Torreferrisa	430038	4598054	81	7.2	2250	1.3	PA inventariat
101	PS_I1	Can Carnisser	430121	4598497	101	22.6	900	0.75	PA inventariat
102	08260-0063	Cal Rectoret	429511	4598539	93	13.7	1550	0	PA inventariat
103	08260-0037	POU IMPULSOR (AJUNTAMENT SANTA PERPÈTUA)	431951	4599077	72.2	400	650	1.1	PA inventariat
104	08167-0048	POU MASIA CAN GARCÍA, SL	430211	4599341	95	95	1200	0.5	PA inventariat
105	08167-0041	Xavier Almer	430618	4599793	125	7.7	1200	0	PA inventariat
106	PS_16	Ca n'Oller	431030	4599955	102.2	29.4	1400	0.75	PA inventariat
107	08167-0030	POU MARIA RIBALTA BURGUES	430236	4600110	121	110	500	0.7	PA inventariat
108	08167-0029	GALVARPLAST	430340	4600145	130	120	1250	0	PA inventariat
109	08260-0020	POU 2 ZAMBON, SA	431544	4600232	83	130	0	-1.5	PA inventariat
110	08260-0023	POU PYMAG	432004	4600870	98	248	300	-3.68	PA inventariat
111	08156-0046	LINPAC ALLIBERT	431431	4601155	93	94.33	220	-0.95	PA inventariat
112	08167-0036	CAN COLL-AJUNTAMENT	429628	4601183	123	15.2	1300	0.53	PA inventariat
113	08167-0022	POU-689 SA PRODER	430095	4601381	141	150	1000	0	PA inventariat
114	08156-0055	DIPÒSIT	431393	4601718	98	200	350	0.3	Xarxa Control
115	08156-0053	PALAU-1	431156	4601818	98	300	103	0	Xarxa Control
116	08156-0054	PALAU-2	431160	4601823	98	200	155	0	Xarxa Control
117	08167-0015	CAN GAVARRA 1	430246	4601873	122	220	420	0.5	Pou abastament
118	08156-0010	CONEINN	431777	4601950	108	274	350	0.25	PA inventariat
119	08167-0017	POU DE SENTMENAT	429237	4602065	147	150	350	0.5	Pou abastament
120	08167-0022	POU-689 SA PRODER	430095	4601381	141	150	1000	0	PA inventariat
121	08156-0057	S-7	431388	4602111	102	42.2	0	0	Xarxa Control
122	PS_122	CAN BOADA VELL MUNICIPI	431445	4602117	102.2	0	1200	0	PA inventariat
123	08156-0025	CAN BOADA VELL (ACA)	431243	4602122	101	250	400	-1.2	Pou abastament

IDPA	CODI_ACA	NOM	XUTM	YUTM	Z	PROFUNDITAT	DIÀMETRE	BROCAL	TIPUS
124	08156-0056	S-5	431290	4602235	103	51.4	0	0	Xarxa Control
125	PS_125	Can Perera-Jaume Oliver	431113	4602415	109	17.7	0	0.35	PA inventariat
126	PS_126	Can Boada Nou- Jaume Oliver	431931	4602524	117	21	1000	0.5	PA inventariat
127	08156-044	Industrial BLANSOL	431614	4602813	108	11.18	1300	0	PA inventariat
128	PS_128	Santa Magdalena-Joan Mas	431197	4603112	111	2.6	2500	0.5	PA inventariat
129	PS_129	XAVIER CASANOVES	431615	4603269	118	27.1	1000	0.95	PA inventariat
130	PS_130	Salvador Lleiva	430453	4603289	165	27.9	1100	0.9	PA inventariat
131	PS_131	Joaquina Hernández	431013	4603400	125	15.4	800	0.7	PA inventariat
132	PS_132	Club de Tenis Palau	430789	4603474	131	15.8	1000	0.8	PA inventariat
133	PS_133	Pou abandonat final C/Aigües Tortes	429490	4603654	179	12.9	1000	0.8	PA inventariat
134	PS_134	Joaquim Tauleria	431779	4603654	129	20.7	950	0.65	PA inventariat
135	PS_135	C/Bon Aire 11	429837	4603660	180	17	950	0.75	PA inventariat
136	PS_136	Cantonada C/Andorra-C/Dalí	429539	4603767	185	0	1850	0.75	PA inventariat
137	PS_137	Can Joan Restaurant	431647	4604098	124	7.2	1200	0.6	PA inventariat
138	PS_138	Maria Vila Martí	430460	4604266	138	20.8	1260	0.65	PA inventariat
139	PS_139	ESCOLA DE LA CARRERADA MUNICIPI	431527	4604316	126.5	0	3000	0.85	PA inventariat
140	08156-0034	POU 4 - HIJOS DE J.RIBES GRAU, SL	431019	4604450	126	246	400	0	PA inventariat
141	08156-0048	POU 1 - HIJOS DE J.RIBES GRAU, SL	430993	4604462	126	25.75	1350	0.15	PA inventariat
142	08156-0042	POU 2 - HIJOS DE J.RIBES GRAU, SL	431047	4604468	126	23.7	900	0	PA inventariat
143	08156-0068	MAS TORRENTS - POU LLEDONER	432246	4604867	152	20	1100	0.8	PA inventariat
144	08156-0005	MAS TORRENTS - POU FONDO	432260	4604927	150	170	300	0	PA inventariat
145	PS_145	C/de Polinyà 2	430395	4603350	154.3	60.4	0	0.75	PA inventariat
146	PS_146	Camí de Can Clapers	430121	4604373	144	0	1400	1	PA inventariat
147	PS_I47	Can Duran	430220	4604696	143	19	1000	1.2	PA inventariat

IDPA	CODI_ACA	NOM	XUTM	YUTM	Z	PROFUNDITAT	DIÀMETRE	BROCAL	TIPUS
148	PS_148	Can Costa Nou	429938	4604171	145	16	1000	0.6	PA inventariat
149	PS_149	Turò de l'home mort	430427	4603207	158	9.3	1100	1.4	PA inventariat
150	PS_150	Can Cortés i la Pedra Llarga	431661	4603798	123	11	1400	0.9	PA inventariat
151	PS_151	Estany de gallec	432800	4602520	103	2.9	1200	0.9	PA inventariat
152	08260-0014	DISTILLER	431700	4600300	84	108	300	0	PA inventariat
153	08156-0059	S-10	431116.058	4604495.68	129	18.95	0	0	Xarxa Control
154	08156-0060	S-11	431006.051	4603545.68	118	29.6	0	0	Xarxa Control
155	08267-0011	POU CAN FARGUES	429426	4603599	-	140	-	-	Pou abastament
156	08167-0013	CAN GAVARRA 2	430040	4601887	-	220	-	-	Pou abastament
157	08156-0026	POU 1	431163	4604400	-	40	-	-	Pou abastament
158	08156-0015	POU 2	431264	4604393	-	40	-	-	Pou abastament
159	08156-0024	POU 3	431300	4604400	-	250	-	-	Pou abastament
160	08156-0014	POU DURAN 1-LA SAGRERA	430650	4604100	-	20	-	-	Pou abastament

Annex III: Dades del registre sísmic

DIA	MES	ANY	HORA	MIN	SEG	LAT	LON	PROF	MAG	RMS	ERH	ERZ	XUTM	YUTM	FUS
5	1	1989	11	53	46,8	42,452	2,029	5	2,5	0,5	3,0	4,7	420155,344	4700419,940	31
6	1	1989	19	33	8,0	43,039	0,166	10	4,4	0,5	2,0	1,7	269144,895	4769043,958	31
6	1	1989	20	2	33,3	42,941	0,248		2,5	0,2	3,0		275468,177	4757937,928	31
7	1	1989	10	52	20,3	42,621	0,971		2,1	0,0	1,2		333603,786	4720724,382	31
13	1	1989	18	49	49,9	41,767	2,432	1	2,1	0,2	3,0	2,5	452788,290	4624062,910	31
18	1	1989	7	4	1,8	42,561	1,610	12	2,5	0,4	2,4	2,6	385899,183	4713002,700	31
3	2	1989	5	48	48,2	41,804	2,779	9	2,0	0,1	1,5	2,2	481641,242	4628038,544	31
5	2	1989	12	54	20,9	42,978	0,115		2,4	0,1	2,4		264757,362	4762411,027	31
9	2	1989	22	21	48,0	41,806	2,713	13	1,9	0,2	2,5	5,1	476159,273	4628276,796	31
9	2	1989	23	18	55,0	41,828	2,785		1,9	0,1	3,1		482146,337	4630701,888	31
10	2	1989	6	7	27,6	41,821	2,755	2	2,1	0,2	1,9	1,8	479652,911	4629931,379	31
10	2	1989	9	53	56,8	41,820	2,749	13	2,1	0,1	0,9	2,4	479154,290	4629821,791	31
11	2	1989	3	25	42,6	41,828	2,802	1	2,9	0,3	2,0	2,1	483558,023	4630698,495	31
11	2	1989	20	51	22,2	42,945	0,470	9	3,3	0,3	1,5	1,7	293595,117	4757812,950	31
12	2	1989	0	18	36,9	42,892	0,454	1	2,7	0,3	3,4	5,9	292111,507	4751966,466	31
13	2	1989	10	22	37,9	42,257	2,930	0	2,1	0,3	3,0	5,4	494226,152	4678313,653	31
17	2	1989	22	6	25,3	42,479	1,301		2,3	0,4	3,3		360351,200	4704359,748	31
18	2	1989	5	36	3,8	42,809	0,854		1,7	0,5	43,0		324539,054	4741838,443	31
24	2	1989	12	22	50,7	41,218	1,893		3,1	0,4	5,4		407206,259	4563548,306	31
24	2	1989	16	48	23,2	42,309	2,364	4	3,1	0,5	1,3	3,1	447583,482	4684280,898	31
25	2	1989	23	9	27,7	42,320	2,454		2,2	0,3	6,8		455008,773	4685450,785	31
25	2	1989	23	11	33,0	42,305	2,354	4	2,4	0,2	1,9	4,1	446755,949	4683842,963	31
25	2	1989	23	37	17,7	42,325	2,431		2,0	0,0	0,0		453117,245	4686018,379	31
2	3	1989	17	56	40,1	41,393	2,538		2,1	0,3	6,9		461376,745	4582488,248	31
10	3	1989	23	35	59,9	42,773	-0,316	1	3,4	0,7	3,2	5,5	228713,481	4740941,598	31
10	3	1989	23	37	12,7	42,791	-0,453		3,3	0,7	5,3		217586,206	4743390,856	31
11	3	1989	1	15	21,4	42,807	-0,333	1	3,2	0,8	4,8	6,3	227471,950	4744772,470	31

DIA	MES	ANY	HORA	MIN	SEG	LAT	LON	PROF	MAG	RMS	ERH	ERZ	XUTM	YUTM	FUS
12	3	1989	3	8	10,3	41,795	2,781	4	2,4	0,3	2,7	4,8	481804,839	4627038,893	31
13	3	1989	9	0	20,5	41,837	2,686		-9,0	0,3	0,0		473928,993	4631726,430	31
17	3	1989	0	51	5,9	41,816	2,624		1,8	0,2	0,0		468771,003	4629415,565	31
21	3	1989	5	16	58,1	42,970	0,121	0	3,5	0,5	2,9	3,9	265216,173	4761505,773	31
21	3	1989	22	38	27,2	41,800	2,897		2,2	0,1	4,9		491443,126	4627575,969	31
23	3	1989	5	59	3,0	42,572	0,938	5	2,5	0,3	1,3	3,3	330764,794	4715348,553	31
26	3	1989	8	15	36,0	41,442	3,106	20	2,8	0,2	2,9	4,1	508854,943	4587830,565	31
29	3	1989	13	19	21,1	42,589	1,399	1	3,3	0,5	1,8	3,3	368637,272	4716417,781	31
3	4	1989	8	10	51,4	41,810	2,658	2	2,4	0,2	1,6	1,5	471592,255	4628737,615	31
11	4	1989	12	17	8,5	41,647	2,681		2,5	0,3	2,6		473435,655	4610633,391	31
11	4	1989	13	45	6,6	42,212	0,130		2,7	0,4	3,2		263094,205	4677303,059	31
16	4	1989	4	45	42,7	42,373	2,011		2,4	0,3	9,5		418573,068	4691664,996	31
19	4	1989	23	37	38,1	42,809	1,423	12	2,2	0,4	1,6	2,2	371062,633	4740810,908	31
24	4	1989	6	47	34,6	42,744	1,604	7	2,9	0,4	1,5	2,5	385742,188	4733331,906	31
25	4	1989	14	15	59,7	42,454	1,594	1	3,1	0,6	1,2	4,0	384388,724	4701142,920	31
27	4	1989	6	40	16,5	42,462	1,539		2,4	0,4	6,9		379881,442	4702107,641	31
28	4	1989	15	18	54,0	41,979	1,295		2,6	0,5	1,8		358747,304	4648850,575	31
2	5	1989	19	59	0,9	42,564	1,438		2,4	0,4	2,6		371786,090	4713581,900	31
15	5	1989	4	19	5,6	42,476	1,019	2	2,6	0,4	1,6	4,1	337163,744	4704529,495	31
23	5	1989	13	1	18,9	43,031	0,342		3,0	0,6	11,1		283454,290	4767686,159	31
26	5	1989	23	10	22,9	42,989	0,033		2,6	0,6	5,3		258113,836	4763865,668	31
31	5	1989	7	26	45,1	42,945	0,262		3,2	0,4	2,9		276624,955	4758344,842	31
3	6	1989	2	33	52,1	43,020	2,530	1	3,0	0,4	2,9	2,2	461703,472	4763142,932	31
4	6	1989	12	43	19,1	41,155	1,922	2	3,0	0,3	3,8	6,5	409550,546	4556523,768	31
6	6	1989	1	9	29,1	42,974	0,285	3	3,0	0,4	4,8	4,9	278605,554	4761504,599	31
12	6	1989	22	25	59,5	42,478	3,001	5	2,2	0,3	3,4	4,3	500082,195	4702850,236	31
13	6	1989	1	21	11,0	41,001	1,476		2,6	0,4	4,3		371829,069	4539986,553	31

DIA	MES	ANY	HORA	MIN	SEG	LAT	LON	PROF	MAG	RMS	ERH	ERZ	XUTM	YUTM	FUS
14	6	1989	8	45	5,9	42,975	0,168		2,7	0,4	5,6		269067,996	4761930,740	31
17	6	1989	12	14	0,1	42,628	0,879	0	2,1	0,1	2,6	2,1	326078,170	4721686,826	31
18	6	1989	10	23	12,8	43,026	0,342	13	3,4	0,7	5,8	3,5	283436,699	4767130,873	31
25	6	1989	11	42	1,6	42,502	1,107		2,5	0,6	6,3		344461,953	4707251,428	31
26	6	1989	16	52	48,4	43,032	0,203	3	3,3	0,6	5,1	3,8	272133,130	4768165,381	31
28	6	1989	13	49	15,1	42,987	0,196		2,6	0,4	5,9		271395,854	4763186,813	31
30	6	1989	1	12	19,2	42,770	2,280	0	2,6	0,4	1,3	2,8	441095,446	4735525,534	31
4	7	1989	9	10	55,6	42,268	3,053	0	2,1	0,4	3,4	3,6	504370,868	4679534,015	31
10	7	1989	3	4	37,1	42,595	0,899	7	2,9	0,2	1,4	2,9	327627,213	4717981,331	31
13	7	1989	15	43	46,5	42,940	0,416	1	2,7	0,2	2,7	3,3	289172,349	4757391,718	31
14	7	1989	6	38	53,4	43,039	0,386	1	3,0	0,5	2,0	3,3	287066,801	4768461,991	31
14	7	1989	11	41	56,8	42,978	0,358		2,5	0,1	1,5		284572,614	4761758,978	31
25	7	1989	3	5	27,8	42,715	0,808		2,1	0,1	3,0		320506,587	4731496,535	31
4	8	1989	16	19	12,8	41,734	2,604	0	2,5	0,4	2,6	2,8	467067,963	4620318,994	31
7	8	1989	9	16	22,7	43,154	0,961		2,5	0,6	0,9		334217,821	4779934,504	31
9	8	1989	3	53	38,1	42,649	0,877	1	2,2	0,1	1,1	1,4	325972,721	4724022,942	31
10	8	1989	22	38	11,6	42,681	0,853	-2	2,3	0,4	5,5	15,7	324095,595	4727626,178	31
12	8	1989	4	21	25,3	42,684	1,049	10	1,7	0,3	2,1	4,1	340162,169	4727569,830	31
16	8	1989	23	28	8,4	42,243	1,371	0	2,7	0,4	0,9	2,8	365602,815	4678041,411	31
22	8	1989	0	44	28,7	41,159	1,918	-2	2,9	0,4	4,4	5,6	409220,440	4556971,992	31
5	9	1989	15	39	30,7	43,088	0,546		2,4	0,5	0,0		300260,019	4773510,080	31
9	9	1989	4	45	14,3	43,034	-0,124	0	3,5	0,7	3,0	2,7	245499,519	4769327,746	31
14	9	1989	1	35	36,3	42,558	2,016	2	2,4	0,4	1,3	3,7	419222,945	4712202,504	31
16	9	1989	1	41	13,1	42,554	2,024	4	2,3	0,2	0,7	2,1	419874,557	4711750,741	31
17	9	1989	1	59	17,8	42,770	0,846		2,0	0,1	0,0		323774,278	4737524,167	31
18	9	1989	8	15	44,3	42,219	2,043	3	3,0	0,4	1,4	4,7	421015,511	4674535,281	31
25	9	1989	21	46	42,1	42,789	0,534	0	2,5	0,3	1,3	2,3	298309,094	4740333,406	31

DIA	MES	ANY	HORA	MIN	SEG	LAT	LON	PROF	MAG	RMS	ERH	ERZ	XUTM	YUTM	FUS
27	9	1989	7	46	50,5	42,719	1,016		2,2	0,4	0,0		337549,829	4731519,475	31
13	10	1989	14	48	38,9	43,004	0,483	1	2,7	0,3	5,0	8,6	294852,086	4764333,380	31
19	10	1989	17	27	9,8	43,003	0,536		2,7	0,4	3,5		299168,779	4764094,170	31
23	10	1989	12	5	34,3	42,910	0,858	4	2,4	0,3	1,3	7,3	325151,468	4753046,322	31
8	11	1989	6	8	35,4	42,742	1,097	12	3,2	0,5	1,3	1,3	344239,905	4733920,894	31
12	11	1989	11	11	56,6	42,705	0,642	0	1,9	0,2	0,3	0,5	306881,945	4730752,367	31
14	11	1989	11	39	50,4	42,338	2,022	10	2,4	0,4	1,1	1,6	419434,037	4687768,213	31
21	11	1989	8	16	57,9	42,634	0,881		1,7	0,3	10,3		326258,873	4722348,999	31
23	11	1989	23	17	31,0	42,345	2,024	4	2,2	0,3	1,2	3,8	419607,714	4688543,580	31
26	11	1989	14	32	22,4	42,853	2,093	7	2,3	0,5	2,0	4,3	425895,696	4744889,842	31
9	12	1989	7	43	26,9	42,940	0,260	2	2,8	0,2	1,6	2,1	276443,674	4757794,879	31
23	12	1989	17	54	15,9	43,210	2,495	0	2,3	0,3	3,3	2,7	458978,705	4784259,145	31
2	1	1990	8	9	58,1	42,396	1,367		2,3	0,4	2,9		365598,884	4695036,749	31
9	1	1990	7	49	20,0	42,720	2,763		-9,0	0,4	3,0		480595,033	4729749,263	31
12	1	1990	18	24	44,1	42,733	1,865		1,5	0,1	2,5		407087,970	4731790,116	31
13	1	1990	1	4	51,2	42,516	1,849	6	2,3	0,4	1,8	6,4	405450,334	4707711,543	31
16	1	1990	16	24	12,6	42,607	2,726	10	1,3	0,1	0,7	2,5	477524,898	4717210,698	31
17	1	1990	10	42	1,2	42,270	2,965	3	-9,0	0,3	1,6	1,4	497113,669	4679755,316	31
21	1	1990	17	59	4,8	42,777	1,973	13	1,8	0,1	1,1	2,2	415988,479	4736562,891	31
21	1	1990	21	4	42,0	42,487	0,918	7	2,7	0,3	1,1	2,1	328891,313	4705949,856	31
21	1	1990	21	24	0,4	42,541	0,924	11	2,0	0,1	0,7	0,7	329531,330	4711934,210	31
24	1	1990	15	54	52,1	42,691	1,682	8	1,8	0,1	1,1	1,4	392034,455	4727343,867	31
29	1	1990	13	59	32,1	43,131	-0,043		2,6	0,3	4,0		252489,899	4779858,020	31
29	1	1990	18	0	31,4	43,017	0,111	2	2,8	0,4	5,1	5,6	264580,247	4766753,515	31
8	2	1990	0	49	43,8	42,969	0,182	3	2,8	0,4	4,4	5,3	270187,318	4761225,992	31
9	2	1990	4	21	54,6	42,719	0,570	2	2,4	0,4	2,1	3,9	301029,680	4732474,289	31
11	2	1990	20	13	1,0	43,047	-0,180	2	3,5	0,8	3,9	5,3	240991,835	4770942,998	31

DIA	MES	ANY	HORA	MIN	SEG	LAT	LON	PROF	MAG	RMS	ERH	ERZ	XUTM	YUTM	FUS
21	2	1990	16	58	34,1	41,841	2,645	7	1,8	0,1	0,8	1,0	470526,648	4632183,791	31
22	2	1990	19	48	22,3	42,947	0,378	4	2,4	0,0	2,3	4,7	286096,039	4758265,133	31
23	2	1990	11	35	49,9	42,599	1,010	2	2,2	0,3	1,9	2,5	336744,778	4718205,369	31
24	2	1990	1	31	57,0	42,651	1,003		1,4	0,3	76,0		336306,844	4723993,327	31
24	2	1990	6	12	38,9	42,593	0,897	3	2,5	0,3	2,5	5,7	327457,601	4717763,313	31
24	2	1990	15	34	1,6	42,601	1,020	6	1,4	0,1	1,2	6,8	337570,381	4718408,215	31
24	2	1990	17	8	38,6	42,599	1,012		1,4	0,2	1,9		336908,859	4718201,512	31
25	2	1990	0	6	38,4	42,585	1,000		1,3	0,2	1,9		335887,630	4716670,066	31
28	2	1990	9	4	26,3	42,852	2,011	12	2,9	0,4	1,2	1,4	419194,725	4744854,194	31
2	3	1990	1	19	34,4	42,980	0,138	1	2,9	0,5	2,2	3,1	266640,462	4762568,965	31
9	3	1990	2	56	52,9	42,825	1,999		1,8	0,2	1,9		418178,650	4741867,520	31
9	3	1990	13	45	41,9	42,617	0,722		2,1	0,3	5,7		313170,726	4720800,173	31
9	3	1990	14	59	50,4	42,665	0,696	3	-9,0	0,2	1,1	1,4	311183,527	4726188,282	31
9	3	1990	15	1	24,5	42,676	0,711	0	2,3	0,2	1,1	2,3	312445,949	4727376,413	31
9	3	1990	15	12	18,2	42,664	0,701	4	2,4	0,2	1,7	3,8	311590,282	4726066,072	31
9	3	1990	15	25	30,0	42,670	0,697	3	2,5	0,3	1,6	2,2	311280,616	4726741,294	31
9	3	1990	17	41	51,1	42,691	0,714	0	2,4	0,4	1,5	3,2	312736,852	4729035,498	31
10	3	1990	23	27	12,3	42,815	2,010		2,2	0,1	2,0		419064,750	4740746,439	31
13	3	1990	14	58	21,8	43,041	-0,067	7	3,5	0,4	1,9	2,3	250171,833	4769933,782	31
13	3	1990	15	1	53,3	43,303	0,460		2,4	0,0	0,0		293984,891	4797596,328	31
14	3	1990	1	17	55,5	43,048	-0,040		2,7	0,3	3,8		252399,494	4770631,122	31
14	3	1990	2	50	29,6	42,992	-0,042		2,5	0,4	3,0		252011,093	4764417,686	31
15	3	1990	21	42	17,2	42,667	0,715	6	2,3	0,4	2,0	3,0	312746,682	4726368,097	31
16	3	1990	7	5	26,9	41,345	1,637	3	3,0	0,6	2,0	4,1	385968,024	4577952,565	31
21	3	1990	0	44	8,6	42,943	0,108		2,3	0,4	6,2		264052,726	4758543,640	31
24	3	1990	16	14	2,1	42,380	2,067		2,2	0,4	2,4		423192,263	4692390,135	31
30	3	1990	2	26	59,2	42,621	1,007	7	1,7	0,2	1,4	4,9	336556,210	4720654,183	31

DIA	MES	ANY	HORA	MIN	SEG	LAT	LON	PROF	MAG	RMS	ERH	ERZ	XUTM	YUTM	FUS
30	3	1990	7	31	56,9	42,592	1,009		1,8	0,1	4,8		336644,448	4717429,976	31
31	3	1990	5	17	44,0	42,582	1,022	4	2,3	0,1	0,7	1,8	337685,142	4716294,503	31
7	4	1990	5	48	17,1	43,112	-0,158		2,6	0,4	4,6		243055,884	4778094,261	31
11	4	1990	21	24	52,6	42,903	1,425	10	2,3	0,2	0,8	1,4	371421,377	4751246,429	31
12	4	1990	3	41	1,8	43,096	-0,101		2,1	0,4	0,0		247628,093	4776143,976	31
12	4	1990	15	57	51,2	42,684	2,018	9	2,0	0,4	3,8	4,5	419549,523	4726191,929	31
13	4	1990	11	28	30,1	42,701	1,995	9	2,6	0,3	1,1	2,0	417687,683	4728101,825	31
16	4	1990	8	14	24,7	42,211	2,389		1,6	0,0	5,2		449565,849	4673384,422	31
16	4	1990	15	20	33,2	42,750	1,971	9	1,8	0,2	3,5	3,1	415788,308	4733566,666	31
18	4	1990	1	20	47,1	42,513	1,089		2,2	0,1	6,9		343010,475	4708506,098	31
19	4	1990	12	38	14,1	41,388	1,652	4	2,6	0,4	1,6	2,8	387297,231	4582706,831	31
20	4	1990	14	42	44,4	42,839	0,730	1	-9,0	0,4	1,6	4,6	314489,951	4745435,641	31
21	4	1990	22	25	3,4	42,613	1,404	12	2,6	0,5	1,4	6,5	369097,796	4719075,094	31
24	4	1990	2	17	40,8	42,544	1,148		1,5	0,1	1,3		347932,743	4711840,870	31
24	4	1990	10	37	21,4	42,951	0,358		2,3	0,3	1,9		284478,312	4758760,462	31
24	4	1990	10	42	18,2	42,945	0,352		2,4	0,2	1,4		283967,839	4758109,534	31
25	4	1990	12	8	33,4	42,898	1,080	10	2,0	0,1	0,5	0,8	343243,147	4751276,157	31
26	4	1990	14	47	47,5	42,908	0,348	7	3,0	0,4	1,9	2,7	283511,863	4754010,766	31
28	4	1990	8	46	5,5	42,669	1,099	7	1,7	0,2	1,5	2,7	344221,124	4725810,733	31
2	5	1990	23	59	7,1	42,900	0,219		2,4	0,3	3,9		272951,352	4753462,508	31
3	5	1990	16	39	57,5	42,980	0,175		2,3	0,5	4,7		269657,516	4762466,803	31
4	5	1990	10	58	5,8	43,109	0,294	13	2,3	0,1	4,4	2,8	279823,149	4776473,708	31
6	5	1990	23	0	33,1	42,539	0,990	5	1,8	0,3	1,4	14,5	334945,782	4711581,403	31
8	5	1990	1	26	44,4	43,015	0,310	16	2,3	0,3	2,8	2,1	280790,173	4765992,333	31
8	5	1990	23	32	6,2	42,539	0,957	4	2,5	0,4	1,4	6,1	332235,837	4711646,233	31
9	5	1990	0	49	17,3	42,549	0,959	3	2,3	0,4	2,6	6,1	332426,834	4712752,729	31
12	5	1990	19	33	21,9	41,776	2,676	1	3,1	0,5	1,5	1,7	473073,175	4624956,970	31

DIA	MES	ANY	HORA	MIN	SEG	LAT	LON	PROF	MAG	RMS	ERH	ERZ	XUTM	YUTM	FUS
14	5	1990	20	9	13,6	42,983	0,248		2,4	0,5	5,0		275620,980	4762602,315	31
19	5	1990	20	35	30,1	41,254	1,489	1	2,9	0,8	3,0	4,8	373409,738	4568054,909	31
22	5	1990	22	18	19,9	42,629	0,795	8	2,1	0,2	3,0	2,5	319192,792	4721974,068	31
28	5	1990	18	40	10,5	42,621	0,877	2	2,4	0,5	3,2	6,6	325894,650	4720913,609	31
29	5	1990	22	20	21,6	42,568	0,983	6	2,6	0,4	1,3	5,3	334447,644	4714815,389	31
1	6	1990	3	49	45,1	42,822	1,235	14	1,9	0,4	2,6	2,7	355721,408	4742559,275	31
11	6	1990	1	11	21,4	42,700	0,179		2,9	0,4	2,3		268941,821	4731360,296	31
12	6	1990	3	5	14,2	42,429	1,609		2,2	0,3	1,6		385576,663	4698346,584	31
12	6	1990	18	48	56,8	43,104	-0,311		4,1	0,6	2,1		230571,325	4777686,587	31
15	6	1990	4	42	52,6	42,353	1,788		3,4	0,5	1,1		400181,009	4689681,935	31
17	6	1990	8	27	7,4	42,973	0,219		3,0	0,5	4,9		273219,612	4761569,644	31
18	6	1990	18	55	38,9	42,356	1,770		2,1	0,3	3,8		398703,346	4690036,336	31
19	6	1990	21	24	36,9	42,222	2,201		2,1	0,2	2,6		434059,006	4674734,094	31
25	6	1990	6	34	53,1	43,042	0,272		3,5	0,5	4,4		277790,859	4769090,852	31
25	6	1990	11	17	25,8	42,468	1,836		1,6	0,5	3,6		404309,275	4702396,182	31
26	6	1990	0	0	15,6	42,882	1,037	13	2,1	0,5	2,1	2,7	339690,897	4749580,350	31
27	6	1990	4	7	40,7	41,907	2,099		-9,0	0,2	1,7		425272,433	4639843,088	31
27	6	1990	4	8	0,3	41,917	2,104	10	2,7	0,2	1,5	4,5	425698,729	4640949,031	31
27	6	1990	4	9	20,3	41,922	2,087	4	2,1	0,1	0,8	3,8	424294,892	4641519,044	31
27	6	1990	4	16	27,8	41,908	2,092	4	2,5	0,4	1,0	2,7	424693,034	4639960,239	31
27	6	1990	4	37	23,1	41,923	2,120		2,2	0,3	2,6		427032,385	4641601,464	31
28	6	1990	2	38	41,8	42,567	0,239		3,4	0,5	1,0		273374,081	4716427,897	31
5	7	1990	16	43	6,0	42,541	1,456		1,5	0,1	2,1		373217,063	4711000,813	31
6	7	1990	1	13	57,3	40,866	1,566		2,4	0,5	6,5		379152,645	4524871,552	31
9	7	1990	16	0	9,9	42,700	1,287		2,0	0,5	8,2		359697,124	4728923,744	31
9	7	1990	20	42	20,4	42,337	2,142	2	2,7	0,3	1,2	2,6	429318,386	4687550,494	31
11	7	1990	2	12	2,2	42,327	2,157	1	2,4	0,4	1,1	2,2	430543,085	4686427,775	31

DIA	MES	ANY	HORA	MIN	SEG	LAT	LON	PROF	MAG	RMS	ERH	ERZ	XUTM	YUTM	FUS
11	7	1990	22	38	50,6	42,800	1,641	7	2,0	0,3	2,1	3,0	388870,740	4739501,076	31
12	7	1990	9	29	45,5	43,074	-0,132		2,7	0,5	4,8		245013,694	4773794,486	31
12	7	1990	18	0	31,2	42,779	1,669		1,8	0,2	4,5		391123,605	4737132,571	31
14	7	1990	2	41	40,2	42,555	1,001		2,0	0,2	1,9		335891,029	4713336,754	31
14	7	1990	9	24	48,7	41,774	2,764	2	2,8	0,4	1,5	1,6	480386,030	4624711,110	31
20	7	1990	17	23	17,5	42,571	1,436		2,0	0,3	5,6		371636,277	4714362,234	31
22	7	1990	17	11	2,4	42,582	1,095	10	1,6	0,1	1,1	1,1	343675,722	4716157,095	31
23	7	1990	16	54	55,0	41,738	2,557		2,6	0,2	2,0		463161,640	4620782,140	31
26	7	1990	16	6	32,1	41,782	2,778	0	2,8	0,4	1,8	2,1	481551,864	4625596,209	31
26	7	1990	23	5	26,5	42,350	1,776	11	1,9	0,4	2,0	4,8	399187,893	4689362,977	31
27	7	1990	0	45	29,1	42,857	1,919	1	2,3	0,5	1,5	3,2	411685,016	4745501,787	31
27	7	1990	3	30	34,8	42,371	1,768	11	1,7	0,3	2,0	3,4	398562,770	4691704,295	31
27	7	1990	9	48	20,6	42,349	1,794	11	2,1	0,3	1,2	1,9	400668,870	4689230,757	31
2	8	1990	7	58	39,7	41,362	1,670	0	2,3	0,5	0,0	0,0	388757,902	4579797,038	31
5	8	1990	21	32	26,0	42,274	1,091	0	3,7	0,5	1,2	2,9	342578,390	4681963,308	31
7	8	1990	21	58	55,5	42,761	0,495		2,5	0,4	2,7		295026,793	4737318,001	31
12	8	1990	8	8	19,8	43,261	3,886		2,7	1,8	15,3		571910,160	4790180,118	31
12	8	1990	11	41	51,9	43,288	3,896		2,8	1,4	11,1		572689,646	4793187,240	31
12	8	1990	23	38	13,4	41,399	1,661		2,6	0,6	8,2		388068,590	4583916,394	31
17	8	1990	18	53	57,6	42,830	1,238		1,4	0,0	0,6		355985,224	4743442,535	31
20	8	1990	4	16	51,8	42,333	1,776	11	3,0	0,4	1,2	4,7	399160,728	4687475,333	31
21	8	1990	19	18	46,6	42,626	0,877		1,9	0,1	2,5		325908,588	4721468,846	31
27	8	1990	9	52	40,2	43,279	3,027		2,4	0,3	2,2		502190,742	4791798,384	31
28	8	1990	9	35	23,2	42,674	0,640		2,4	0,4	2,4		306621,942	4727314,394	31
4	9	1990	8	17	37,1	42,717	1,194		2,0	0,4	10,2		352120,152	4730970,231	31
4	9	1990	11	12	24,1	42,494	1,242		2,2	0,2	3,4		355536,108	4706124,225	31
5	9	1990	12	41	14,0	42,865	0,662	3	1,9	0,2	3,9	8,4	309012,764	4748475,038	31

DIA	MES	ANY	HORA	MIN	SEG	LAT	LON	PROF	MAG	RMS	ERH	ERZ	XUTM	YUTM	FUS
8	9	1990	2	19	6,5	42,611	0,877	3	2,3	0,2	2,0	4,0	325866,778	4719803,136	31
10	9	1990	0	44	30,8	42,613	2,019	4	-9,0	0,0	0,2	0,2	419539,985	4718306,937	31
16	9	1990	5	7	54,0	43,061	-0,263		2,9	0,4	2,4		234291,578	4772757,615	31
20	9	1990	14	27	20,3	42,935	2,362		1,3	0,2	21,9		447942,810	4753794,127	31
21	9	1990	7	55	11,9	43,005	-0,193		2,9	0,3	1,6		239755,366	4766318,682	31
21	9	1990	11	57	22,6	42,642	1,007		2,1	0,4	6,5		336611,171	4722986,165	31
21	9	1990	13	51	9,3	42,983	0,016	1	2,5	0,4	10,7	16,6	256704,130	4763248,439	31
21	9	1990	19	34	19,1	41,596	1,574		2,3	0,5	0,0		381156,543	4605904,070	31
24	9	1990	5	25	52,4	41,809	1,941		2,8	0,5	1,2		412033,790	4629112,047	31
25	9	1990	17	52	26,6	42,591	0,907		2,1	0,0	0,5		328272,598	4717520,877	31
26	9	1990	16	32	48,5	42,782	1,563		1,7	0,6	11,3		382458,295	4737607,993	31
29	9	1990	13	38	21,6	42,475	0,974	2	2,7	0,5	1,3	2,9	333461,999	4704505,833	31
30	9	1990	2	48	40,4	42,831	0,793		-9,0	0,3	5,7		319615,388	4744410,385	31
4	10	1990	3	23	18,6	42,623	0,870		2,0	0,1	1,6		325326,157	4721150,139	31
14	10	1990	19	53	49,2	43,098	-0,218	2	2,6	0,5	3,4	5,8	238114,030	4776725,234	31
15	10	1990	16	4	6,1	42,868	1,332		-9,0	0,6	5,7		363751,934	4747506,006	31
16	10	1990	14	24	43,3	43,024	0,091		2,2	0,4	8,0		262977,335	4767587,234	31
16	10	1990	14	25	30,2	43,030	-0,005	2	3,7	0,7	2,9	4,3	255178,717	4768529,294	31
16	10	1990	21	7	41,0	43,024	0,006	0	3,3	0,5	2,3	2,8	256051,177	4767830,891	31
18	10	1990	1	19	52,8	42,376	1,407	6	3,5	0,4	0,9	2,6	368849,456	4692753,434	31
18	10	1990	16	17	43,6	42,384	1,408		2,4	0,6	2,5		368948,429	4693640,214	31
21	10	1990	11	38	57,0	42,841	2,002	4	2,2	0,5	2,4	6,1	418444,913	4743641,354	31
21	10	1990	17	13	37,1	42,869	0,468	0	2,4	0,4	1,6	4,1	293177,845	4749377,718	31
21	10	1990	23	16	3,9	42,723	2,023		1,5	0,3	6,0		420009,240	4730517,891	31
22	10	1990	12	37	20,5	42,457	1,064		2,0	0,1	1,2		340814,677	4702334,248	31
24	10	1990	9	36	46,1	42,611	1,460		2,0	0,4	5,3		373686,909	4718767,880	31
24	10	1990	10	36	46,6	42,564	1,314	9	2,6	0,4	2,6	7,4	361607,532	4713777,100	31

DIA	MES	ANY	HORA	MIN	SEG	LAT	LON	PROF	MAG	RMS	ERH	ERZ	XUTM	YUTM	FUS
24	10	1990	11	46	8,0	42,594	1,401		1,9	0,6	4,5		368811,866	4716969,899	31
25	10	1990	19	3	6,2	42,806	2,583	7	2,5	0,4	2,2	3,3	465904,257	4739356,104	31
26	10	1990	8	56	53,8	42,531	0,996	4	2,8	0,4	1,0	2,8	335417,484	4710681,368	31
26	10	1990	14	41	33,3	43,008	3,079		1,8	0,6	8,1		506438,324	4761706,211	31
31	10	1990	19	30	37,9	43,029	0,160		2,8	0,5	15,4		268618,515	4767949,905	31
2	11	1990	17	25	4,8	42,476	1,561	10	2,5	0,4	1,7	3,6	381716,611	4703631,307	31
11	11	1990	15	6	50,4	42,287	1,103	4	3,4	0,6	1,5	4,8	343600,145	4683384,712	31
13	11	1990	7	11	51,9	42,227	2,938	0	2,8	0,5	2,6	3,3	494883,597	4674982,135	31
13	11	1990	13	35	58,6	42,613	1,504		1,6	0,3	8,8		377299,852	4718925,218	31
13	11	1990	13	57	5,4	42,492	1,070	9	1,8	0,2	2,6	8,1	341396,474	4706209,538	31
13	11	1990	23	3	43,6	42,510	0,974		1,4	0,1	332,6		333554,871	4708392,394	31
16	11	1990	15	52	14,6	42,762	1,708		1,4	0,1	5,5		394284,954	4735195,183	31
17	11	1990	15	26	17,8	42,654	1,457		1,4	0,2	1,7		373527,954	4723547,279	31
19	11	1990	17	54	33,2	42,746	1,701		1,6	0,0	0,0		393684,837	4733427,244	31
20	11	1990	9	52	29,2	42,310	2,906		2,4	1,1	5,1		492253,042	4684200,380	31
21	11	1990	11	1	24,4	42,545	0,964		2,4	0,1	0,6		332826,689	4712298,666	31
4	12	1990	12	44	27,7	42,791	0,872		2,1	0,6	4,6		325960,355	4739802,215	31
5	12	1990	11	0	36,0	42,756	3,052		-9,0	0,4	5,9		504255,167	4733720,902	31
6	12	1990	20	4	25,5	42,895	1,411	6	1,0	0,0	0,3	1,8	370261,658	4750379,522	31
10	12	1990	22	23	55,5	42,676	1,226		-9,0	0,1	1,1		354644,838	4726361,763	31
11	12	1990	14	44	39,9	42,986	1,123		-9,0	0,1	1,4		346972,123	4760969,478	31
19	12	1990	10	7	48,5	42,606	1,986	1	2,5	0,4	2,0	3,1	416824,042	4717561,548	31
26	12	1990	20	58	33,2	42,804	1,758		2,3	0,3	5,3		398444,826	4739797,686	31

Annex IV: Bibliografia

ACA (2004): "Fitxes de caracterització addicional de les masses d'aigua subterrània de Catalunya, Al·luvials del Vallès"

H. Perea, E. Masana2, P. Santanach2 (2012): "An active zone characterized by slow normal faults, thenorthwestern margin of the València trough (NE Iberia): a review". Journal of Iberian Geology 38 (1) 2012: 31-52

Hernández-Madrigal, V.M., Muñiz-Jáuregui J.A., Garduño-Monroy V.H., Flores-Lázaro N., Figueroa-Miranda S (2014): "Depreciation factor equation to evaluate the economic losses from ground failure due to subsidence related to groundwater withdrawal". Natural Science Vol.6, No.3, 108-113.

IGC (2011): "Mapa hidrogeològic de Mollet del Vallès (Geotreball V)"

IGME-COPOT (2001): "Estudio geotécnico del subsuelo del área metropolitana de Murcia. Análisis de la subsidencia por descenso del nivel freático. Modelos Geotécnicos del terreno y diagnosis del problema".

Samsonov, S. V., d'Oreye, N, González, P.J, Tiampo, K.F., Leila Ertolahti , L, Clague, J.J.: (204): "Rapidly accelerating subsidence in the Greater Vancouver region from two decades of ERS-ENVISAT-RADARSAT-2 DInSAR measurements". Remote Sensing of Environment, 143 (2014) 180-191.

Navarro Flores, A. (1989): "Estudio de los acuíferos aluviales de la Cuenca media del río Besós. Origen y evolución de la contaminación". Tesi Doctoral. Departament de Geoquímica, Petrologia i prospecció geològica. Universitat de Barcelona.

PHPO (1985): "Estudio hidrogeológico del àrea del Vallès". MOPU-DGOH. Barcelona. Inèdit

REPO (1971): "Estudio hidrogeológico de los acuíferos del Besos medio Cubeta de la Llagosta" MOP.

REPO (1971b): "Estudio hidrogeológico de los acuíferos miocénicos del Vallès". MOP.

Tomás, R., Romero, R., Mulas, J., Marturià, J. J., Mallorquí, J. J., Lopez-Sanchez, J. M., Blanco, P. (2014): "Radar interferometry techniques for the study of ground subsidence phenomena: a review of practical issues through cases in Spain". Environmental Earth Sciences, 71(1), 163-181. doi:10.1007/s12665-013-2422-z.

Tomás, R, Márquez, Y, Lopez-Sanchez, J.M., Delgado, J, Blanco, P, Mallorquí, J.J., Martínez, M, Herrera, G y Mulas, J (2006): "Monitorización de la subsidencia del terreno en la Vega Media del río Segura mediante Interferometría SAR diferencial (DInSAR)". GEogaceta, 39, p107-110.

Vinyoles, J. (1990): "Característiques del nou pou i valoració del bombeig d'assaig". Informe encarregat per ZAMBON, S.A. i realitzat per Niñerola Reconocimientos y estudios, S.L.