

Estudi geològic de les causes de les patologies existents en els habitatges de les àrees de Can Castanyer i de Riells, del municipi de Bigues i Riells.

**Codi:** AP-0041/15

Novembre de 2015

# ÍNDEX GENERAL

---

## MEMÒRIA

## PLÀNOLS

- 1.1 Situació General 1:5000
- 2.1 Planta geològica 25M 1:10000
- 2.2 Planta geològica 10M 1:5000
- 2.3 Geologia i prospeccions 1:2500
- 2.4 Talls geològics 1, 2, 3 i 4 1:2500/1:1000
- 2.5 Talls geològics 1 – 1' 1:1000/1:400
- 2.6 Talls geològics 2 – 2' 1:1000/1:400
- 2.7 Talls geològics 3 – 3' 1:1000/1:400
- 2.8 Talls geològics 4 – 4' 1:1000/1:400
- 2.9 Talls geològics 5 – 5' 1:1000/1:400 i 6 – 6' 1:1000
- 3.1 Instrumentació 1:5000
- 3.2 Instrumentació. Detall de la situació 1:500
- 4.1 Localització edificis de l'inventari de patologies 1:5000
- 4.2 Localització de detall dels edificis inventariats 1:2500
- 4.3 Any de construcció dels edificis 1:5000
- 4.4 Intensitat de danys en els edificis inventariats 1:5000
- 5.1 Perillositat per expansivitat 1:5000
- 5.2 Perillositat per moviments de vessant 1:5000

## ANNEXES

ANNEX I: REGISTRE SONDATGES

ANNEX II: ASSAIGS PRESSIOMETRICS

ANNEX III: PROSPECCIÓ GEOFÍSICA

ANNEX IV: ASSAIG LABORATORI

ANNEX V: PROSPECCIONS GEOTÈCNiques RECOPILADES

ANNEX VI: SISMÒMETRES

ANNEX VII: FISSURÍMETRES

## **MEMÒRIA**

# ÍNDEX DE LA MEMÒRIA

---

1	Introducció	1
1.1	Objectius i Antecedents	1
1.2	Àmbit d'estudi	3
2	Treballs realitzats	4
2.1	Nova cartografia geològica	4
2.2	Perfils geològics i geotècnics	4
2.3	Revisió de treballs previs	5
2.3.1	Recopilació de prospeccions geotècniques	6
2.3.2	Recopilació d'assaigs de laboratori	8
2.4	Nova campanya geotècnica	9
2.4.1	Sondatges	9
2.4.2	Assaigs in situ	10
2.4.3	Obtenció de mostres	12
2.5	Assaigs de laboratori	13
2.6	Prospecció geofísica	14
2.7	Instrumentació geofísica i geotècnica	16
2.7.1	Sismòmetres	16
2.7.2	Fissurímetres de corda vibrant	17
3	Geologia	18
3.1	Metodologia	18
3.2	Marc geològic	19
3.3	Estructura geològica general	20
3.4	Descripció de les unitats geològiques	21
4	Geotècnia	32
4.1	Unitats geotècniques	32
4.1.1	Unitat Tm1c	32
4.1.2	Unitat Tm2lg	33

4.1.3	Unitat Tm3cd	42
4.1.4	Unitat Pmb	46
4.1.5	Unitat Pml	50
4.1.6	Unitat Pvlc	56
4.1.7	Unitat QPac_bgsI	58
4.1.8	Unitat QHt <sub>0</sub> _gsla	64
4.1.9	Unitat R	67
5	Patologies en edificació	68
5.1	Introducció	68
5.2	Sectorització de l'àmbit d'estudi	68
5.2.1	Riells del Fai.	69
5.2.2	Sector Alt de Can Castanyer	70
5.2.3	Sector Baix de Can Castanyer	72
5.2.4	Boscós de Can Riells	72
5.3	Can Prat-Can Boneto	74
5.4	Vallderrós	74
5.5	Anàlisi de les edificacions	75
5.6	Distribució de les patologies	77
5.6.2	Casos particulars	81
5.6.2.1	<a href="#">Cas Particular 1</a>	<b>Error! No s'ha definit l'adreça d'interès.</b>
5.6.2.2	<a href="#">Cas Particular 2</a>	<b>Error! No s'ha definit l'adreça d'interès.6</b>
5.6.2.3	<a href="#">Cas Particular 3</a>	<b>Error! No s'ha definit l'adreça d'interès.</b>
6	Instrumentació	88
6.1	Sismòmetres	88
6.1.1	Introducció	88
6.1.2	Resultats i anàlisi de les dades	90
6.1.3	Llei d'atenuació	93
6.1.4	Casos particulars	98
6.2	Fissurímetres	99

6.2.1	Introducció	99
6.2.2	Resultats i anàlisi de les dades	101
6.2.2.1	Desplaçaments	101
6.2.2.2	Efecte de la precipitació	109
6.2.2.3	Efecte de les vibracions sobre els fissurímetres	113
7	Causes de les patologies	115
7.1	Factors condicionants	115
7.1.1	Factors intrínsecs del terreny	115
7.1.1.1	Expansivitat	115
7.1.1.2	Deformabilitat	118
7.1.1.3	Susceptibilitat del vessant	119
7.1.2	Factors constructius	121
7.1.2.1	Assentaments diferencials	121
7.1.2.2	Mètode constructiu	121
7.2	Factors desencadenants	123
7.2.1.3	Afectació de l'aigua en el medi	126
7.2.2	Sobrecàrregues	128
7.2.3	Canvis en la geometria en el vessant	128
7.2.4	Vibracions	129
8	Conclusions	134
8.1	Geologia i geotècnia	134
8.2	Patologies	135
8.4	Factors desencadenants	142
8.4.1	Aigua en el medi	142
8.4.2	Vibracions	143
8.4.3	Fissurímetres	145
8.5	Casos particulars	146
8.5.1	<a href="#">Cas Particular 1</a>	<b>Error! No s'ha definit l'adreça d'interès.</b>
8.5.2	<a href="#">Cas Particular 2</a>	<b>Error! No s'ha definit l'adreça d'interès.</b>

8.5.3	Cas Particular 3	<b>Error! No s'ha definit l'adreça d'interès.</b>
9	Recomanacions	149
9.1	Recomanacions generals	149
9.1.1	Urbanització	149
9.1.2	Parcel·les	150
9.1.3	Estudis geotècnics	154
9.1.4	Resum per sectors	155
9.2	Auscultació	158
9.3	Casos particulars	158
9.3.1	Cas Particular 1	<b>Error! No s'ha definit l'adreça d'interès.</b>
9.3.2	Cas Particular 2	<b>Error! No s'ha definit l'adreça d'interès.</b>
9.3.3	Cas Particular 3	<b>Error! No s'ha definit l'adreça d'interès.</b>
9.3.4	Treballs futurs	160

# 1 Introducció

## 1.1 Objectius i Antecedents

Amb data 2 de setembre de 2014 l'Institut Geològic de Catalunya (IGC) (avui en dia integrat al ICGC), va rebre l'encàrrec per part de l'Ajuntament de Bigues i Riells de realitzar el present estudi geològic per a la determinació de les causes de les patologies existents en diversos habitatges de les àrees de Can Castanyer i de Riells. L'objectiu de l'estudi és determinar l'origen de les patologies i establir una sèrie de recomanacions, per tal d'impedir tant la progressió d'aquestes com la seva formació en els elements actuals o en futures construccions. Les recomanacions es realitzen tant en l'àmbit de la gestió i planificació, com a actuacions de reforç del terreny i/o de les edificacions.

Els antecedents de la problemàtica a Can Castanyer es remunten al juny de 2007, quan en una instància presentada a l'Ajuntament de Bigues i Riells, s'avisava de l'enfonsament d'un tram del carrer Pau Casals i del desplaçament d'un mur davant del número X del mateix carrer. Més tard, es va informar a l'IGC, de la detecció de noves patologies en alguns habitatges de la zona del carrer dels enamorats, al nucli de Riells del Fai.

Amb data 1 de d'abril de 2009 l'ajuntament de Bigues i Riells va sol·licitar la realització d'una visita tècnica als carrers Pau Casals i Doctor Trueta, a la zona de Can Castanyer, del poble Riells del Fai arran de l'existència d'esquerdes en alguns habitatges. La nota resultant d'aquesta visita (IGC.AP-078/09), tenint en compte el nombre d'habitatges afectats, recomanava la realització d'un estudi de detall per tal de determinar les causes de les patologies observades.

Amb data 15 d'octubre de 2013 l'IGC va lliurar l'estudi de zonificació de l'àmbit delimitat en la modificació del POUM en relació a la perillositat geològica a Riells del Fai (IGC.AP-078/13), realitzat encàrrec de l'Ajuntament de Bigues i Riells. Aquest estudi va delimitar les àrees de risc geològic generat pe la presència d'argiles expansives i esllavissades superficials (figura 1 i figura 2) i va delimitar un sector en el qual es recomanava l'adopció de mesures preventives (figura 3) i s'establien recomanacions de caràcter general i particular. També va permetre planificar les futures accions a emprendre tant des del punt de vista de reconeixement del terreny com de l'adopció de mesures preventives de mitigació dels moviments.

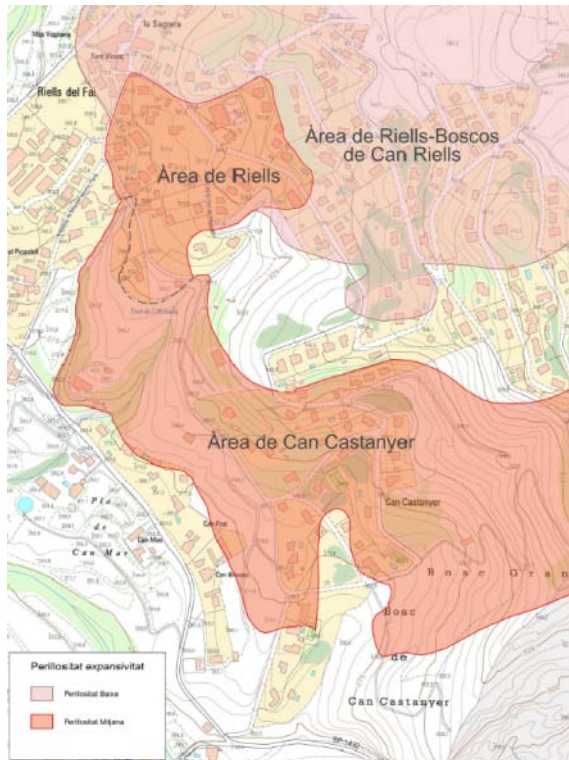


Figura 1: Mapa de perillositat per expansivitat d'argiles (IGC.AP-078/13).



Figura 2: Mapa de perillositat d'esllavissades (IGC.AP-078/13).

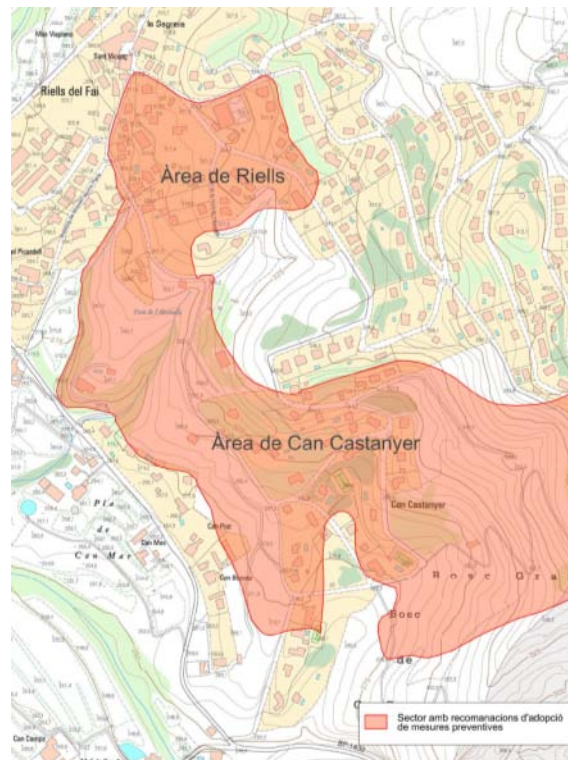


Figura 3: Mapa d'adopció de mesures preventives (IGC.AP-078/13).

## 1.2 Àmbit d'estudi

L'àmbit d'aquest estudi inicialment responia a la delimitació presentada per l'Ajuntament de Bigues i Riells en la "Modificació Puntual del Pla d'Ordenació Urbanística Municipal en un àmbit de Riells del Fai, per a l'adopció de mesures preventives en relació a les condicions geològiques i geotècniques de la zona". L'àmbit d'estudi s'ha ampliat per tenir en compte les afectacions observades en els habitatges i les característiques geomorfològiques del terreny. Així doncs s'han definit els següents sectors (figura 32) (plànols 1.2 i 1.3).

- Sector alt de Can Castanyer
- Sector baix de Can Castanyer
- Boscos de Can Riells
- Can Prat-Can Boneto
- Vallderrós

La descripció i les principals característiques d'aquests sectors es presenten en el punt 5.2 de la memòria.

## 2 Treballs realitzats

Per a l'elaboració del present estudi s'ha dut a terme un conjunt de tasques que es resumeixen en els següents punts:

- Revisió de treballs previs
- Disseny de la campanya de prospecció
- Execució de la campanya de camp, que inclou la realització de sondatges mecànics, assaigs geo-mecànics in situ i prospecció geofísica.
- Instrumentació mitjançant fissurímetres i sismòmetres en punts seleccionats
- Assaigs de laboratori de mostres de sòls i roques
- Caracterització geotècnica dels materials
- Elaboració de talls geològics i geotècnics
- Anàlisi de les causes i dels desencadenants des patologies
- Estudi d'alternatives de mitigació dels moviments i propostes de futurs treballs

### 2.1 Nova cartografia geològica

En el context del present estudi s'ha elaborat una nova cartografia geològica partint de la informació disponible de l'estudi previ (IGC.AP-078/13), actualitzada amb el conjunt de noves dades obtingudes. El resultat ha estat una geologia de detall que es presenta en els següents mapes: Planta geològica general a escala 1:5.000. *Plànol 2.1* (1 full) i Planta geològica de detall a escala 1:2.500. *Plànols 2.2* (2 fulls).

### 2.2 Perfils geològics i geotècnics

A partir de les dades obtingudes en les diferents campanyes de prospecció i l'anàlisi de la informació prèvia, s'han elaborat uns talls geològics i geotècnics que reflecteixen la distribució en profunditat dels diferents materials que formen el subsòl de la zona d'estudi, així com la seva relació amb les estructures geològiques presents en les zones urbanitzades (plànols del 2.4 al 2.8).

En tots els talls (excepte en el tall 6), l'escala vertical ha esta exagerada 2.5 vegades per tal de facilitar la visualització de la informació continguda en els sondatges. En tots els perfils s'han representat els sondatges considerats en la seva elaboració, diferenciant els sondatges executats durant la campanya actual dels que corresponen a sondatges recopilats.

### 2.3 Revisió de treballs previs

S'ha recopilat, consultat i revisat un gran nombre d'informes geotècnics centrats en l'àmbit de Riells del Fai, així com altres informes relacionats de manera directa amb les patologies que presenten alguns habitatges i les possibles afectacions derivades de les voladures de la pedrera Can Margarit. Les dades extretes d'aquests informes, han permès ampliar i/o complementar les dades obtingudes en els treballs del present estudi, sobretot a nivell de prospeccions i d'assaigs de laboratori. Entre aquests estudis es destaquen els següents:

- Ajuntament Bigues i Riells (2010): Informe dels serveis tècnics municipals en relació a diferents patologies observades en varies parcel·les de Riells de Fai. T.M. Bigues i Riells (Barcelona).
- Arteg (2008). Estudi geotècnic per a l'anàlisi de les patologies manifestades de forma d'esquerdes en un habitatge unifamiliar aïllat situat al carrer A. T.M. Bigues i Riells (Barcelona).
- Bosch&Ventayol (2011): Estudi geològic-geotècnic de la pedrera de Can Margarit. T.M. Bigues i Riells (Barcelona).
- Geocat Gestió de Projectes S.A (2013): Estudi de zonificació de l'àmbit delimitat en la modificació del POUM en relació a la perillositat geològica a Riells del Fai (Bigues i Riells).
- Geotècnia, Geòlegs Consultors S.L (2000). Estudi geotècnic pel projecte de cas de cultura a un solar del carrer del Dr. Zamenhof. T.M. Bigues i Riells (Barcelona).
- Igeotenes S.L.P (2001): Estudi geotècnic al carrer camí de Can Quintanes X. T.M. Bigues i Riells (Barcelona).
- Igeotenes S.L.P (2004): Estudi geotècnic al carrer Doctor Zamenhof X T.M. Bigues i Riells (Barcelona).
- Igeotenes S.L.P (2008): Estudi geotècnic al carrer Pau Casals X. T.M. Bigues i Riells (Barcelona).
- Igeotenes S.L.P (2008): Estudi geotècnic als carrers Pau Casals i Doctor Trueta. T.M. Bigues i Riells (Barcelona).
- Igeotenes S.L.P (2011): Estudi geotècnic al carrer camí de Can Quintanes X. T.M. Bigues i Riells (Barcelona).
- IGME, 1973, Mapa geològic de España. Escala 1:50.000. Hoja y Explicación de la Hoja de La Garriga (364): Instituto Geológico y Minero de España, pp. 1-35.

- Julian Tous, M. (2011). Estudi geotècnic pel projecte constructiu de reforma i ampliació d'un habitatge unifamiliar aïllat de planta baixa, situat al carrer Font de l'Alzinella núm.X. T.M. Bigues i Riells (Barcelona).
- LOSAN, S.A (2000): Estudio geotécnico para las patologías de la casa situada en c/ Pau Casals, X. T.M. Bigues i Riells (Barcelona).
- Monte Collado, J. (2001):Diagnosis patologías observadas y propuesta de intervención en la casa situada en c/ Pau Casals, X. T.M. Bigues i Riells (Barcelona).
- M.S. Ingenieros&Consultores S.L (2002): Estudio geotécnico para vivienda unifamiliar en C/ Ángel Guimerà númX. T.M. Bigues i Riells (Barcelona).
- TECSÒL S.L (2006): Evaluació de la possible afectació per voladures a la urbanització Can Castanyer. T.M. Bigues i Riells (Barcelona).

### 2.3.1 Recopilació de prospeccions geotècniques

Partint dels estudis geotècnics previs s'han recopilat les prospeccions i assaigs in situ realitzats en l'àmbit de Riells del Fai (Annex V i plànols 2.3). Les prospeccions inclouen tipologies, tant sondatges a rotació (extracció de testimoni continu i helicoïdals) (taula 1), com assaigs de penetració dinàmica tipus DPSH (taula 2) i altres assaigs de percussió.

En general, la majoria de les prospeccions són poc profundes (<10 m) i aporten informació sobre els trams més superficials de les diferents unitats geològic-geotècniques. Algunes d'aquestes prospeccions s'han utilitzat per complementar els treballs realitzats i determinar la distribució i profunditat de les diferents unitats en l'àmbit d'estudi.

Taula 1. Llistat de sondatges i característiques principals.

Sondatge	Any	Cota boca	Coord. UTM (ETRS89)		Prof.(m)	Assaigs in situ	Instrumentació
			X (m)	Y (m)			
SR-01-EN-13	2009	323,4	433506	4616699	12,3	SPT/MI	--
SR-01-FA-80	2011	312,6	433353	4616480	3,0	SPT	--
SR-01-PC-37	2000	324,0	433570	4616165	6,0	SPT/MI	-
SR-01-PCDT	2008	325,0	433564	4616163	29,5	-	Inclinòmetre
SR-02-PCDT	2008	320,5	433604	4616173	20,0	--	Inclinòmetre
SR-03-PCDT	2008	298,0	433595	4616094	11,0	SPT/MI	Inclinòmetre
SH-01-DZ-38	2000	328,0	433477	4616592	8,0	SPT	--

Sondatge	Any	Cota boca	Coord. UTM (ETRS89)		Prof.(m)	Assaigs in situ	Instrumentació
			X (m)	Y (m)			
SH-02-DZ-38	2000	327,0	433435	4616587	8,0	SPT	--
SH-03-DZ-38	2000	326,0	433448	4616581	5,0	SPT	--
SH-04-DZ-38	2000	326,5	433459	4616570	4,5	SPT	--
SH-05-DZ-38	2000	325,5	433445	4616565	6,0	SPT	--
SH-01-CQ-15	2011	340,0	433463	4616643	6,0	SPT/MI	--

Taula 2. Llistat d'assaigs de penetració dinàmica (DPSH) i característiques principals.

Assaig DPSH	Any	Cota inici (msnn)	Coord UTM (ETRS89)		Long (m)	Profunditat rebuig N <sub>20</sub> >100
			X (m)	Y (m)		
RF02_PD1	2001	336,5	433511	4616619	7,60	7,60
RF02_PD2	2001	336,5	433501	4616613	10,00	--
RF02_PD3	2001	335,0	433515	4616598	2,80	2,80
RF02_PD4	2001	332,5	433511	4616592	8,20	8,20
RF03_PD1	2004	331,0	433496	4616545	3,80	3,80
RF03_PD2	2004	332,5	433512	4616547	2,60	2,60
RF03_PD3	2004	331,0	433499	4616555	2,80	2,80
RF04_PD2	2009	324,0	433423	4616488	6,80	6,80
RF04_PD3	2009	321,0	433402	4616490	9,2	9,2
RF04_PD4	2009	317,0	433382	4616487	4,00	4,00
RF04_PD5	2009	315,0	433366	4616484	0,80	0,80
RF04_PD6	2009	315,0	433368	4616486	3,00	3,00
RF05_PD1	2011	311,0	433350	4616476	0,81	0,81
RF05_PD2	2011	310,0	433349	4616481	1,47	1,47
RF05_PD3	2011	313,0	433358	4616483	0,30	0,30
RF07_PD1	2008	326,0	433567	4616171	3,80	3,80

Assaig DPSH	Any	Cota inici (msnn)	Coord UTM (ETRS89)		Long (m)	Profunditat rebuig N <sub>20</sub> >100
			X (m)	Y (m)		
RF07_PD2	2008	324,5	433567	4616162	5,00	5,00
RF10_PD1	2011	340,0	433475	4616642	4,60	4,60
RF10_PD2	2011	340,0	433465	4616637	1,80	1,80
RF10_PD3	2011	340,0	433469	4616644	5,20	5,20
RF12_PD1	2003	338,0	433529	4616550	7,40	7,40
RF12_PD2	2003	338,0	433538	4616543	10,00	10,00

### 2.3.2 Recopilació d'assaigs de laboratori

L'anàlisi dels estudis geotècnics recopilats també ha permès recollir dades sobre els paràmetres geotècnics a partir dels diferents assaigs de laboratori realitzats. En aquest sentit, s'han seleccionat un nombre d'assaigs que han permès completar la caracterització geotècnica de les diferents unitats detectades (taula 3).

Taula 3. Assaigs recopilats

Tipus	Nom assaig	Total
Identificació i estat	Humitat Natural	16
	Densitat seca	3
	Densitat aparent	7
	Granulometria	9
	Límits d'Atterberg	13
Resistència	Compressió simple en sòls	1
	Compressió simple en roca	3
	Tall directe (UU i CU)	3
Inflament	Pressió d'inflament	2
	Inflament lliure	2
	Lambe	4
Químics	Contingut en sulfats	5

## 2.4 Nova campanya geotècnica

L'objectiu d'aquesta nova campanya era determinar i completar la caracterització de les diferents unitats litològiques presents en el subsòl de l'àmbit d'estudi, la seva distribució. La nova campanya es va realitzar entre l'octubre i el desembre de 2014 i es va basar en la realització de sondatges a rotació amb extracció de testimoni continu, la presa de mostres inalterades i representatives i la realització d'assaigs in situ a l'interior dels sondatges (assaigs SPT, i assaigs pressiomètrics).

### 2.4.1 Sondatges

En el context dels treballs realitzat en aquest estudi, es van executar de 14 sondatges a rotació amb extracció de testimoni continu (taula 4, plànols 3.1 i 3.2 i annex I). En cadascun dels sondatges s'han dut a terme assaigs in situ i s'han extret mostres inalterades, així com mostres representatives dels materials, per tal d'obtenir paràmetres característics de les diferents unitats i obtenir mostres per tal d'assajar-les posteriorment al laboratori. Els sondatges han estat dirigits i supervisats per un geòleg a peu de màquina que ha dut a terme la descripció dels testimonis obtinguts, posant especial atenció en els següents aspectes:

- a) límits entre unitats litològiques,
- b) grau d'alteració del substrat
- c) realització d'assaigs in situ SPT i pressiomètrics (OYO), etc.
- d) presa de mostres en els punts de major interès

Dels 14 sondatges realitzats, 4 s'han equipat com a piezòmetres oberts.

Taula 4. Llistat de sondatges i característiques principals.

Sondatge	Cota inici (msnm)	Coordenades UTM (ETRS89)		Prof. (m)	Assaigs in situ	Mostres (*)	Nivell freàtic	Instrumentació
		X (m)	Y (m)					
SR-01	340,00	433519,20	4616636,08	18	SPT	MI / MP	No detectat	--
SR-02	304,50	433272,60	4616541,62	18	--	--	No detectat	--
SR-03	325,00	433451,44	4616519,29	18	SPT / OYO	MI	No detectat	Piezòmetre obert
SR-04	307,00	433368,29	4616361,19	18	OYO	MI / MP	No detectat	Piezòmetre obert
SR-05	342,00	433602,98	4616414,44	18	--	--	No detectat	--

Sondatge	Cota inici (msnm)	Coordenades UTM (ETRS89)		Prof. (m)	Assaigs in situ	Mostres (*)	Nivell freàtic	Instrumentació
		X (m)	Y (m)					
SR-06	291,00	433292,53	4616243,81	18	SPT / OYO	MP	No detectat	Piezòmetre obert
SR-07	298,00	433390,80	4616230,72	18	SPT	--	No detectat	--
SR-08	350,00	433601,80	4616281,35	13	SPT	--	No detectat	--
SR-09	326,00	433670,16	4616196,41	13	OYO	--	No detectat	--
SR-10	397,00	433968,11	4616176,20	13	OYO	--	No detectat	--
SR-11	299,00	433671,46	4616042,26	13	SPT / OYO	--	No detectat	--
SR-12	290,00	433558,07	4616039,51	13	SPT	MI	No detectat	--
SR-13	276,00	433551,66	4615890,45	13	SPT / OYO	--	No detectat	Piezòmetre obert
SR-14	252,50	433498,27	4615715,59	13	SPT	MI	No detectat	--

\* MI, inalterades; MP, parafinades i MR, representatives.

## 2.4.2 Assaigs in situ

### Assaig SPT

L'assaig de penetració estàndard (SPT) consisteix en la introducció en el terreny d'un mostrejador normalitzat del tipus bipartit amb una longitud de 60 cm i un diàmetre de 50,8 mm mitjançant la colpida d'una maça de 63,5 kg que cau lliurement des d'una alçada de 76,2 m. La introducció del mostrejador es realitza en 4 trams de 15 cm, anotant el número de cops necessaris per introduir cada un dels trams. L'assaig SPT es pot correlacionar amb diversos paràmetres geotècnics, com per exemple en materials granulars l'angle de fregament intern (Peck, 1954) o el mòdul de deformació del terreny (Tan et al., 1991). El total d'assaigs realitzats es presenten a la taula 5.

Taula 5. Llistat d'assaigs SPT realitzats.

Assaig	Sondatge	Sostre mostra (m)	Base mostra (m)	N <sub>30</sub>	Litologia
SPT-1	SR-01	12,00	12,60	37	Argiles vermelles
SPT-1	SR-03	4,50	5,10	31	Argiles llimoses
SPT-2	SR-03	6,00	6,25	R	Argiles llimoses
SPT-1	SR-06	1,50	1,90	R	Argiles llimoses marrons amb gravetes

Assaig	Sondatge	Sostre mostra (m)	Base mostra (m)	N <sub>30</sub>	Litologia
SPT-2	SR-06	4,80	5,22	R	Lims argilosos marrons amb gravetes
SPT-3	SR-06	7,20	7,80	36	Argiles marrons vermelloses
SPT-4	SR-06	10,00	10,02	R	-sense recuperació-
SPT-1	SR-07	7,00	7,14	R	Argila vermella amb fragments de gres
SPT-1	SR-08	3,00	3,05	R	Calcàries
SPT-1	SR-11	1,50	2,10	35	Argiles marrons-vermelles
SPT-2	SR-11	3,00	3,60	45	Argiles lleugerament sorrenques vermelles - verdosa
SPT-1	SR-12	3,00	3,28	R	Argil·lita
SPT-1	SR-13	1,50	2,10	45	Argiles llimoses
SPT-1	SR-14	3,00	3,60	31	Argila llimosa amb graves
SPT-2	SR-14	4,50	5,10	15	Argila llimosa amb graves
SPT-3	SR-14	6,00	6,60	27	Argila llimosa amb graves
SPT-4	SR-14	7,50	7,96	R	Argila llimosa amb graves (rebuig, gres de gra fi)

### Assaigs pressiomètrics

L'assaig pressiomètric és un assaig de càrrega estàtica del terreny en el qual es valora el seu mòdul elàstic, la pressió a partir de la qual experimenta fluència i la pressió límit (trencada). L'assaig es porta a terme a l'interior de la perforació a la cota desitjada i es basa en la mesura de l'expansió radial d'una camisa cilíndrica que pot transmetre diferents tensions al terreny. Les tensions s'apliquen esglaonadament i els increments de volum de la cèl·lula central de la camisa cilíndrica s'enregistren a 15, 30 i 60 s i fins que s'assoleix l'estabilitat de les deformacions.

Es considera, juntament amb tècniques de retro-anàlisi de deformacions, l'assaig més idoni per l'estimació del mòdul elàstic del terreny. En el cas de materials rocosos, el mòdul pressiomètric ( $E_p$ ) és proper al mòdul de deformació del terreny ( $E_m$ ) i a la pràctica es pot prendre directament per a càlculs posteriors. Durant la realització dels sondatges es van realitzar un total de 7 pressiomètrics, les principals característiques dels quals es presenten a la taula següent (taula 6):

Taula 6. Pressiòmetres realitzats i litologies assajades.

Pressiòmetre	Sondatge	Tipus	Profunditat (m)	Litologia
PR01	SR-03	OYO	3,75-4,25	Argila llimosa
PR02	SR-04	OYO	4,00-4,50	Argil-lita
PR03	SR-06	OYO	4,30-4,80	Argila llimosa
PR04	SR-09	OYO	5,50-6,00	Argil-lita fracturada
PR05	SR-10	OYO	3,70-4,20	Argil-lita
PR06	SR-11	OYO	5,50-6,00	Argil-lita
PR07	SR-13	OYO	3,50-4,00	Argila llimosa

### 2.4.3 Obtenció de mostres

Durant la perforació dels sondatges es van extreure diverses mostres inalterades i es van seleccionar diverses mostres representatives dels diferents materials detectats. L'extracció de mostres inalterades de sòls es realitza amb cullera normalitzada mitjançant el sistema de colpida utilitzat en l'assaig SPT. A part d'aquestes mostres, també es van parafinar alguns testimonis seleccionats (MP) allà on les característiques mecàniques del terreny no permeten la penetració d'un mostrejador de paret gruixuda. A la taula 7 es presenta el total de mostres obtingudes en tots els sondatges:

Taula 7. Mostres i litologies extretes.

Tipus de mostra*	Sondatge	Sostre mostra (m)	Base mostra (m)	N <sub>30</sub>	Litologia
MR-1	SR-01	1,80	2,20	--	Calcària bretxoide
MR-2	SR-01	12,80	13,20	--	Argiles dures de color vermell fosc
MR-3	SR-01	13,40	13,80	--	Argiles dures de color vermell fosc
MI-1	SR-01	15,00	15,40	R	Argiles dures de color vermell fosc
MP-1	SR-01	15,60	16,20	--	Argiles dures de color vermell fosc
MI-1	SR-03	1,50	2,10	28	Argiles llimoses
MI-2	SR-03	3,00	3,60	60	Argiles llimoses
MR-1	SR-03	3,60	4,10	--	Argiles llimoses
MR-2	SR-03	13,80	14,20	--	Calcària de color gris clar

Tipus de mostra*	Sondatge	Sostre mostra (m)	Base mostra (m)	N <sub>30</sub>	Litologia
MI-1	SR-04	3,00	3,08	R	Lutites i gresos (sense recuperació)
MP-1	SR-04	7,20	7,60	--	Lutites i argil·lites
MR-1	SR-05	3,60	4,20	--	Calcària fucoide
MP-1	SR-06	13,20	13,60	--	Lutites vermelles
MR-1	SR-11	7,20	7,40	--	Argiles vermelles
MR-2	SR-11	9,20	9,40	--	Argiles vermelles
MR-3	SR-11	10,40	10,70	--	Argiles vermelles
MR-4	SR-11	11,00	11,40	--	Argiles vermelles
MI-1	SR-12	1,50	1,71	R	Argila marró-vermella, lleugerament cimentada
MI-1	SR-14	1,50	2,05	R	Argila llimosa amb graves
MI-2	SR-14	12,00	12,60	22	Argiles marró - vermelloza

\* MI, inalterades; MP, parafinades i MR, representatives.

## 2.5 Assaigs de laboratori

Amb les mostres obtingudes en la campanya de prospecció geotècnica i en tenint en compte l'estructura del terreny i els objectius del present estudi, s'han realitzat una sèrie d'assaigs de laboratori per a la caracterització geotècnica dels diferents materials detectats, que es classifiquen en els següents tipus:

- **Assaigs d'identificació:** permeten classificar el terreny, conèixer la seva naturalesa i fer una primera estimació del seu comportament.
- **Assaigs mecànics en sòls i roques:** permeten caracteritzar els paràmetres mecànics del terreny, així com avaluar el seu comportament en determinades condicions de saturació.
- **Assaigs químics:** s'inclouen en aquest tipus els assaigs que permeten determinar qualitativa o quantitativament el contingut d'alguns components químics d'interès pel que fa al camp de l'enginyeria del terreny tals com els sulfats, carbonats, etc. que poden provocar en determinades condicions patologies al formigó.

En la taula 8 es presenten el total d'assaig de laboratori realitzats. En els annexos s'inclou una descripció detallada dels assaigs realitzats en el present estudi, així com dels resultats obtinguts.

Taula 8. Assaigs de laboratori.

Tipus	Nom assaig	Norma	Total
Identificació i estat	Humitat Natural	UNE 103 300 : 1993	11
Identificació i estat	Densitat seca	UNE 103 301 : 1994	11
Identificació i estat	Densitat aparent	UNE 103 301 : 1994	11
Identificació i estat	Granulometria	UNE 103 101 : 1995	15
Identificació i estat	Límits d'Atterberg	UNE 103 103 i 104 : 1994	15
Mecànic	Compressió simple en sòls	UNE 103 400 : 1993	7
Mecànic	Compressió simple en roca	UNE 22950-1 : 1990	4
Mecànic	Tall directe consolidat i drenat (CD)	UNE 103 401 : 1998	10
Mecànic	Pressió màxima d'inflament	UNE 103 602 : 1996	9
Mecànic	Expansivitat Lambe	UNE 103.600 : 1996	5
Químic	Contingut en sulfats	UNE 83963 : 2008	5
Químic	Sals solubles	NLT 114/99	6
Químic	Acidesa Baumann-Gully	EHE Annex 5 i 83962 : 2008	1

## 2.6 Prospecció geofísica

L'objectiu de la campanya d'exploració geofísica és la correlació tant areal com en profunditat dels materials detectats en els sondatges de la campanya de prospecció geotècnica, així com l'obtenció de paràmetres de comportament mecànic del subsòl.

El treball ha consistit en l'adquisició de dades mitjançant perfils de tomografia sísmica de refracció i tomografia elèctrica, amb un total de 6 perfils geofísics distribuïts en l'àrea d'estudi (plànols 3.1 i 3.2, annex III, taula 9 i figura 4). Paral·lelament, s'han realitzat mesures puntuals de soroll sísmic ambiental (mètode H/V) al llarg de cada perfil geofísic per tal d'obtenir informació sobre el gruix de sediments no consolidats. Els resultats obtinguts en la campanya de prospecció geofísica es presenten en l'*Annex III. Prospecció geofísica*.

Taula 9. Perfils geofísics realitzats.

Codi perfil	Tècnica geofísica*	Coordenades UTM (ETRS89)				Orientació	Sentit d'adquisició	Longitud total (m)
		X inici (m)	Y inici (m)	X final (m)	Y final (m)			
PG01	ERT	433435	4616512	433560	4616498	W - E	E	165.0
	SRT	433435	4616512	433560	4616498		E	115.0
PG02	ERT	433277	4616341	433355	4616295	NW - SE	SE	105.0
	SRT	433277	4616341	433352	4616293		SE	94.0
PG03	ERT	433369	4616356	433291	4616237	NE - SW	SW	142.0
	SRT	433369	4616356	433304	4616262		SW	117.5
PG04	ERT	433736	4616191	433808	4616119	NW - SE	SE	106.5
	SRT	433735	4616203	433805	4616119		SE	117.5
PG05	ERT	433693	4616709	433748	4616634	NW - SE	SE	72.0
	SRT	433746	4616637	433704	4616711		NW	70.5
PG06	ERT	433480	4615715	433543	4615895	NE - SW	SW	177.5
	SRT	433480	4615715	433543	4615895		NE	188.0

\* ERT: Tomografia elèctrica; SRT: Tomografia sísmica de refracció

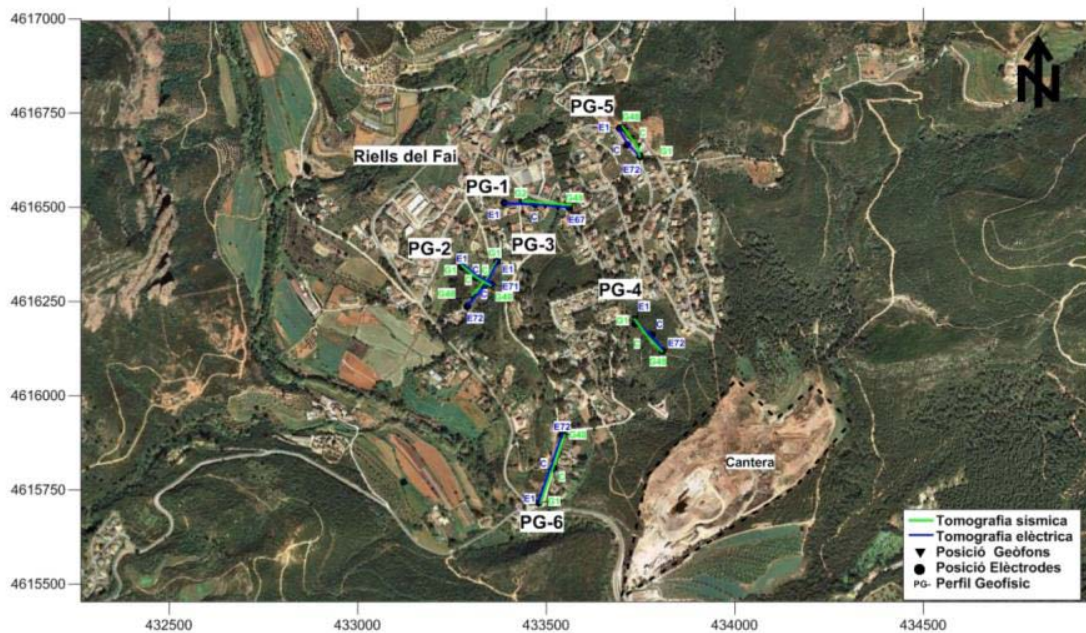


Figura 4: Localització dels perfils geofísics (PG-) de tomografia elèctrica (blau) i tomografia sísmica de refracció (verd).

## 2.7 Instrumentació geofísica i geotècnica

Per tal d'intentar establir relacions de causa efecte s'ha instrumentat en temps continu alguns elements d'edificació de la zona d'estudi. Una de les principals qüestions que es buscaven resposta era si es podia establir una relació entre les voladures de la pedrera de Can Margarit i l'evolució de les esquerdes en les edificacions i per altra banda, conèixer la pròpia dinàmica de les esquerdes en edificis observant si existeix correlacions amb períodes de pluja o cicles de temperatura (dia/nit, estiu/hivern).

### 2.7.1 Sismòmetres

S'han instal·lat 5 sismòmetres per tal d'analitzar les vibracions del terreny induïdes per les voladures que es duen a terme a la Pedrera Can Margarit. La localització d'aquests sismòmetres es va escollir tenint en compte la seva posició estratègica de cara a analitzar les vibracions del terreny en diferents sectors i la facilitat de disposar de corrent elèctric (plànols 4.1 i 4.2, taula 10 i figura 5). Els registres obtinguts s'han analitzat en els dominis del temps i de les freqüències en relació al que estableix la norma UNE 22.381. A l'*Annex IV. Sismòmetres*, es presenten les fitxes corresponents a cada sismògraf i els resultats d'algunes voladures enregistrades.

*Taula 10. Adreça i coordenades UTM ETRS89 de la localització dels sismòmetres*

*Nota : No figuren en el present estudi els emplaçaments exactes ni el plànol de localització dels sismòmetres per tal de complir amb la Llei de Protecció de dades.*

*Figura 5: Localització dels sismòmetres instal·lats a Riells del Fai (triangles vermells). El cercle blau indica la situació de la pedrera propera a la zona d'estudi*

## 2.7.2 Fissurímetres de corda vibrant

Per tal de realitzar un seguiment indirecte sobre l'evolució dels moviments del terreny en els edificis, s'han instal·lat 11 fissurímetres de corda vibrant (FCV) en diversos habitatges que presentaven patologies rellevants i actives en el temps, segons l'informe IGC.AP-078/13.

Aquests fissurímetres (taula 11) tenen una freqüència de lectura de 4 hores amb una precisió de lectura de 0.3 mm. La ubicació dels fissurímetres es presenta en els plànols 4.1 i 4.2 i a l'annex VII es mostren les fitxes on es descriuen les característiques de cada fissurímetre i les dades obtingudes.

Taula 11. Localització dels fissurímetres instal·lats

Fissurímetre	Direcció edificació	Data d'instal·lació
FCV-01	*	17/12/2014
FCV-02	*	17/12/2014
FCV-03	*	17/12/2014
FCV-04	*	17/12/2014
FCV-05	*	17/12/2014
FCV-06	*	17/12/2014
FCV-07	*	17/12/2014
FCV-08	*	17/12/2014
FCV-09	*	01/04/2015
FCV-10	*	01/04/2015
FCV-11	*	01/04/2015

\*Nota : No figuren en el present estudi els emplaçaments exactes dels fissurímetres per tal de complir amb la Llei de Protecció de dades.

### 3 Geologia

#### 3.1 Metodologia

S'ha realitzat una caracterització geològica específica amb l'objectiu d'establir un model d'unitats geològiques que constitueixen el substrat del sectors de Can Castanyer i de Riells. La caracterització geològica que s'ha realitzat ha tingut en compte:

- El mapa geològic 1:25.000 de la Garriga (73-28) (ICGC, 2014) (figura 6).
- L'informe tècnic previ al present estudi sobre la perillositat geològica a Riells del Fai (IGC, 2013).
- Documentació cartogràfica i fotogràfica històrica.
- Noves observacions i mesures in situ de l'àmbit d'estudi i rodalies.

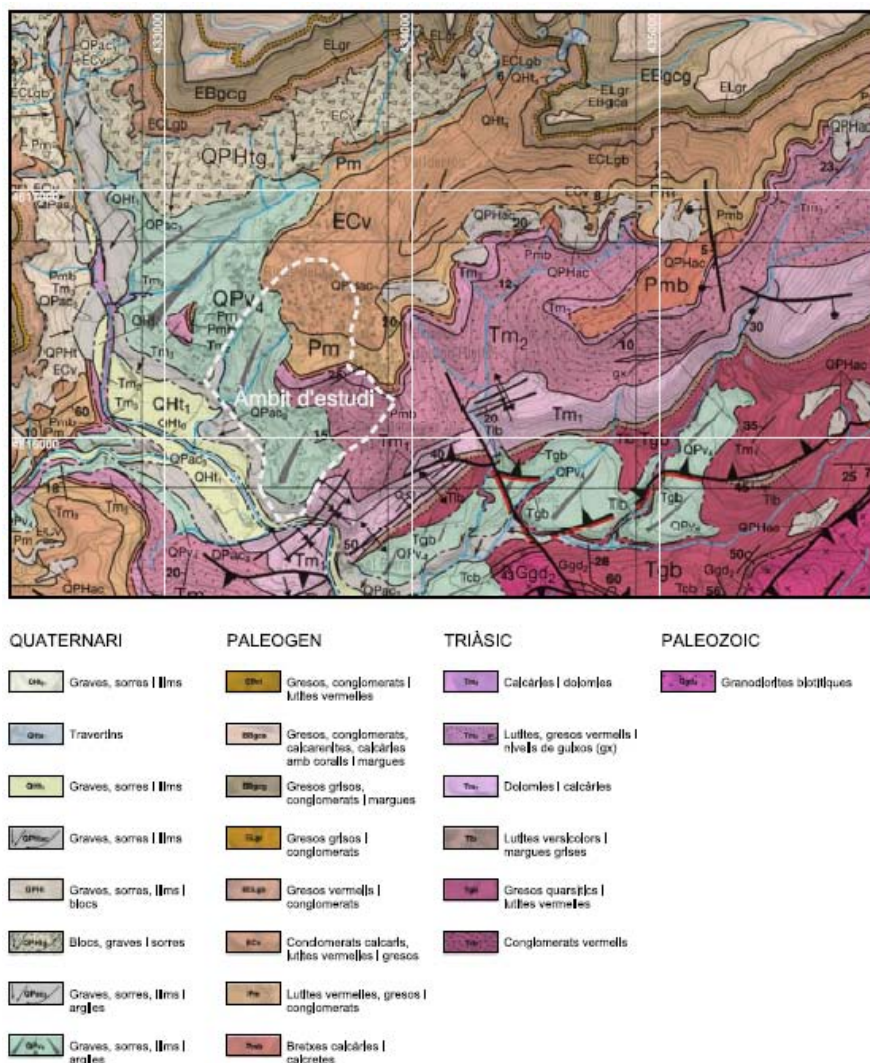


Figura 6. Detall del mapa geològic 1:25.000 de la Garriga (73-28) (ICGC 2014) amb la situació del l'àmbit d'estudi.

Amb aquestes dades s'ha procedit a realitzar una cartografia geològica de l'àmbit d'estudi i rodalies (figura 7, plànols 2.1, 2.2 i 2.3). La realització de la cartografia ha comportat establir un sistema d'unitats geològiques operatives del conjunt de l'àmbit d'estudi i ha permès conjuntament, determinar l'estructura geològica profunda de l'àmbit d'estudi i localitzar i caracteritzar de forma detallada les unitats geològiques.

### 3.2 Marc geològic

Des d'un punt de vista geològic l'àmbit d'estudi se situa al marge nord-oest del domini septentrional de la Cadena Costera Catalana, a la zona de contacte amb la Conca d'Avantpaís de l'Ebre. S'entén per Cadena Costera Catalana el conjunt de serres i depressions que s'alternen al llarg de la franja costera, des del Baix Empordà fins a la Terra Alta, producte de la superposició de dos grans sistemes d'estructures tectòniques principals un de contractiu d'edat paleògena i l'altra d'extensiu d'edat neògena. La Conca d'Avantpaís de l'Ebre representa la conca paleògena receptora dels sediments procedents de l'erosió dels relleus associats a l'aixecament dels Pirineus al nord, la Cadena Costanera Catalana al sud-est i la Cadena Ibèrica al sud-oest.

A l'àmbit d'estudi, segons el mapa geològic 1:25.000, s'identifiquen 23 unitats geològiques, les quals, des d'un punt litoestratigràfic s'agrupen en quatre grans grups que de més antics a més moderns són el Paleozoic, el Triàsic, el Paleogen i el Quaternari. Només s'identifica una unitat paleozoica, concretament Ggd2 que està constituïda fonamentalment per granodiorites biotítiques, relativament allunyades de l'àmbit d'estudi, i corresponen als complexos de roques plutòniques tardihercinianes que constitueixen bona part del basament Paleozoic de les Cadenes Costeres Catalanes.

Els materials triàsics reposen discordantment damunt les granodiorites Ggd2, estan afectats per un sistema de plecs i falles inverses vergents cap al nord-oest i en conjunt constitueixen sis unitats cartogràfiques que de base a sostre són: els conglomerats basals de la fàcies Buntsandstein (Tcb), l'alternança de gresos quarzítics i lutites vermelles característics de la fàcies Buntsandstein (Tgb), les lutites i margues de la fàcies Röt (Tlb), les calcàries i dolomies de la fàcies Muschelkalk 1 (Tm1), les lutites i gresos i guixos de la fàcies Muschelkalk 2 (Tm2), les calcàries i dolomies de la fàcies Muschelkalk 3 (Tm3).

A grans trets, el Paleogen (que ocupa la meitat nord-oest del full 290-111), defineix una seqüència estratigràfica d'uns 400 metres de gruix que reposa discordantment damunt les roques carbonàtiques de la unitat Tm3. Aquesta successió, que és representativa del marge sud-est de la Conca d'Avantpaís de l'Ebre, en conjunt cabussa lleugerament cap al nord-oest. En el mapa geològic 1:25.000, a l'àmbit 290-111, es diferencien set unitats paleògenes que de base a sostre són unes bretxes calcàries i calcretes (Pmb), unes lutites vermelles, gresos i conglomerats (Pm), uns conglomerats calcaris, lutites vermelles i gresos (ECv), uns gresos vermells i conglomerats

(ECLgb), uns gresos grisos i conglomerats (ELgr), uns gresos grisos, conglomerats i margues (EBgcg) i uns gresos grisos, conglomerats, calcarenites, calcàries amb coralls i margues (EBgca).

Finalment trobem els dipòsits quaternaris, que cobreixen de forma discontinua la resta d'unitats. La distribució dels dipòsits quaternaris es troba fortament relacionada a les formes del relleu i a la dinàmica al·luvial i de vessants recent (quaternària). Bàsicament es localitzen a la plana del Tenes i a les valls que hi desemboquen; i als peus de les cingleres. En el mapa geològic 1:25.000 en base a criteris genètics, litològics i cronològics s'identifiquen vuit unitats geològiques de sediments quaternaris que són: les unitats de dipòsits al·luvials i col·luvials (QPv4, Qpac3, QPHac), les unitats de dipòsits de tartera i de peu de vessant (QPHTg, QPHT), els travertins (QHTs) i les unitats de dipòsits de terrassa fluvial (QHT1 i QHT0).

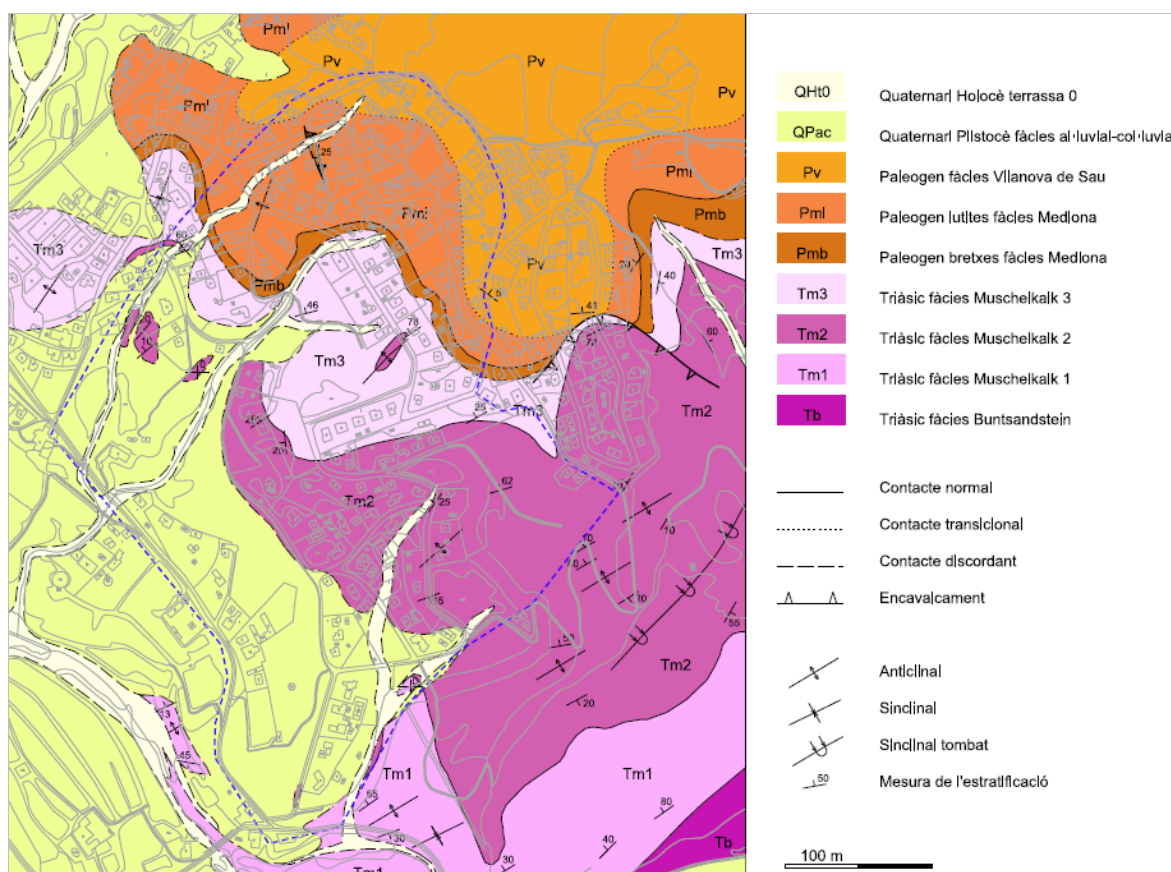


Figura 7. Detall del mapa geològic de l'àmbit d'estudi.

### 3.3 Estructura geològica general

El mapa de la geològic s'acompanya d'un tall geològic (figura 8) amb l'objectiu de mostrar l'estructura geològica profunda de l'àmbit d'estudi (full 290-111) i els seus entorns. Aquest tall, de

direcció NO-SE, s'ha construït a partir d'integrar les observacions i mesures de camp amb la cartografia geològica. La geometria que es mostra ve condicionada per una sèrie de consideracions sobre l'estructura geològica regional de la Serralada Prelitoral, a les conques del Tenes, el Congost i la Riera de Caldes.

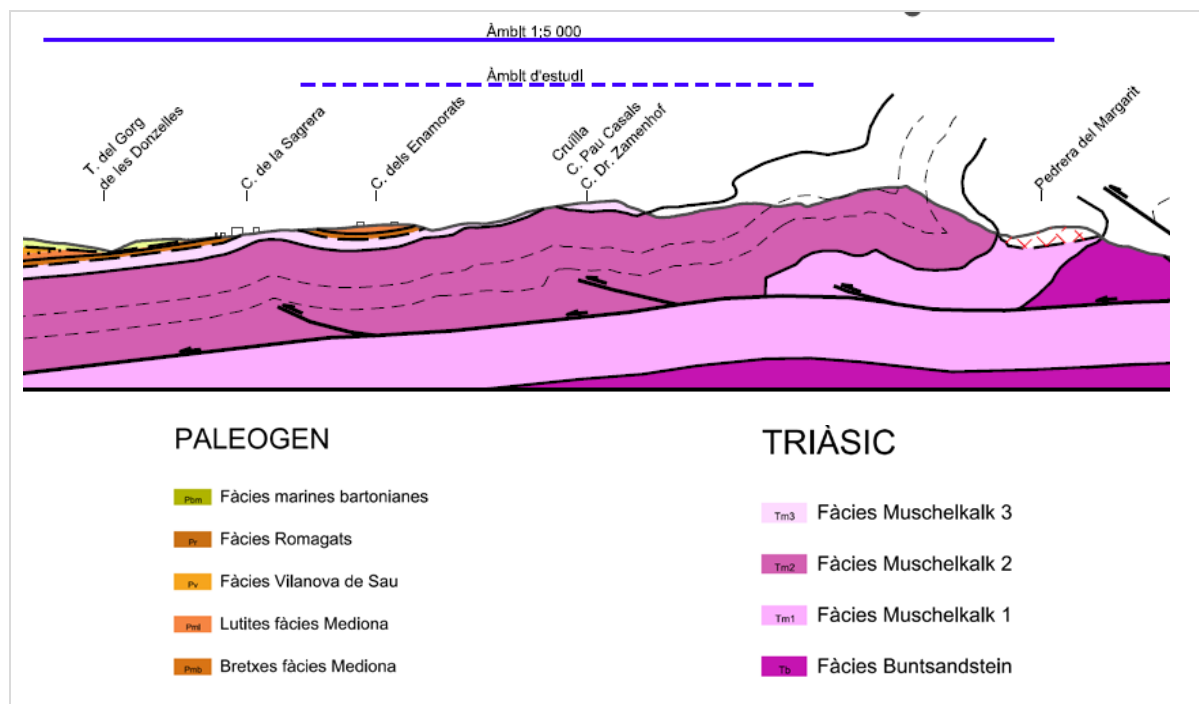


Figura 8. Detall del tall geològic general en l'àmbit d'estudi.

### 3.4 Descripció de les unitats geològiques

A la figura 7 es presenta la cartografia geològica de detall de l'àmbit d'estudi a escala 1:5000. L'anàlisi de la cartografia geològica i l'estructura geològica general posa de manifest que les unitats geològiques representatives a l'àmbit d'estudi són QHt0, QPac, Pv, Pml, Pmb, Tm3, Tm2 i Tm1. A continuació es presenta la caracterització detallada d'aquestes unitats geològiques.

#### QHt0

*Descripció curta:* Sediments gravencs, sorrencs i lutífics i blocs.

*Descripció litològica general:* Conjunt de sediments associats al curs actual i històric del Tenes i als llits de les rieres afluent. En el cas del Tenes es tracta majoritàriament de graves soltes amb un contingut variable en matriu sorrenca i lutífica de color marró. Les graves són rodades i molt heteromètriques (de palets fins a blocs, alguns d'ells d'ordre mètric). La litologia de les graves és

variable, predominen els clastes de gresos i calcàries eocenes. En el cas de les rieres, els sediments predominants són més fins, són formats essencialment per lutites i sorres de tonalitats marró clar amb graves, principalment a la base. En conjunt la unitat pot contenir restes de matèria orgànica i, o, materials d'origen antròpic de naturalesa variada.

*Localització a l'àmbit d'estudi:* A l'àmbit d'estudi s'estima que els dipòsits Qt0 es localitzen en quatre petits recs que drenen les aigües de les parts altes del poble cap al Tenes. Cal remarcar que les lleres naturals han sofert importants canvis a conseqüència de l'activitat antròpica. Aquestes lleres estan parcialment canalitzades i soterrades i, en conseqüència, el flux natural d'aigua i sediment s'ha vist modificat.

*Geometria i estructura del conjunt de la unitat:* Els dipòsits associats al curs del riu Tenes defineixen una franja de fins a 80 metres inserida sobre la unitat QPac. Aquesta franja s'ha traçat a partir d'agrupar les lleres que s'identifiquen en diferents documents cartogràfics que abracen un període entre el 1957 i l'actualitat. Els dipòsits associats a la resta de rieres que s'identifiquen en el mapa queden confinats en els fons de valls estretes, d'uns 5-25 metres d'amplada i amb superfícies de drenatge generalment superiors a 10.000 m<sup>2</sup>. Els límits d'aquests dipòsits s'han establert a partir d'un model de xarxa hidrogràfica històrica, basat fonamentalment en l'anàlisi de documentació cartogràfica diversa.

*Gruix:* En general, el gruix dels dipòsits d'aquesta unitat és d'ordre decimètric i, s'estima que difícilment supera els 2 metres de gruix. En algun sector en què es representa la unitat, els dipòsits poden ser absents a conseqüència d'events erosius naturals o a rebaixos antròpics.

*Edat:* S'atribueix a l'Holocè i al Plistocè superior.

## **QPac**

*Descripció curta:* Sediments lutítics, gravencs i blocs (fotografia 1).

*Descripció litològica general:* Es tracta d'una unitat a grans trets granodecreixent, que inclou un gran varietat de litotips. Concretament s'identifiquen nivells de sediments lutítics, nivells de graves granosuportades, nivells de sediments gravencs i sorrencs matriusuportats i nivells de blocs. El gruix dels diferents nivells és d'ordre decimètric a mètric. La continuïtat lateral dels diferents nivells és d'ordre mètric a decamètric. Els clasts de les graves són fonamentalment de roques carbonàtiques (calcàries i dolomies triàsiques i, calcàries i gresos carbonàtics paleògens). Els sediments lutítics sovint inclouen nòduls de carbonat.

*Relació amb altres unitats:* La unitat reposa discordantment damunt els dipòsits prequaternaris i queda seccionada per la xarxa hidrogràfica actual. A les lleres els dipòsits QHt0 cobreixen parcialment QPac. En afloraments petits i vegetats o amb presència de derrubis, els dipòsits d'aquesta unitat sovint es poden confondre fàcilment amb els materials d'alteració de les unitats eocenes i triàsiques.

*Localització a l'àmbit d'estudi:* La unitat neix als peus dels vessants i s'estén al llarg de la plana del Tenes i les valls afluent. Els materials que constitueixen la unitat s'observen en diferents afloraments com per exemple en el talús que hi ha a la part baixa del carrer Font de l'Alzinella o al talús que queda a l'est de l'esplanada del Carrer Mossèn Jaume Plans. S'ha de remarcar que en certes condicions d'observació els dipòsits QPac es poden confondre amb els materials d'alteració de les unitats Tm2, Pmb, Pm i Pv.

*Geometria i estructura del conjunt de la unitat:* La base de la unitat és una superfície irregular que fossilitza un paleorelleu definit per les unitats paleoquaternàries. El sostre de la unitat és una superfície relativament regular que neix als peus dels vessants i que baixa suaument cap al centre de les de les valls. Aquesta superfície es troba disectada per la xarxa hidrogràfica actual. A més a més està modificada per l'activitat antròpica (agrícola i urbana)



*Fotografia 1. Aflorament de la unitat QPac al carrer Font d'Alzinella (Can Castanyer).*

*Gruix:* El gruix de la unitat és variable, difícilment supera els 15 metres. A bona part de la plana de Riells s'estima que els dipòsits QPac tenen un gruix d'entre 5 i 10 metres. Nombrosos afloraments posen de manifest que, lateralment, el gruix de la unitat pot variar significativament.

*Fàcies:* Els sediments d'aquesta unitat s'interpreten com a dipòsits d'origen al·luvial i col·luvial. Els sediments lutítics corresponen a dipòsits de plana d'inundació, els nivells de grava i blocs

s'associen a dipòsits de rebliments de canals o a dipòsits torrencials. Els dipòsits QPac que reposen a la falda dels vessants bàsicament corresponen a fàcies col·luvials. S'interpreta que els nòduls carbonàtics són un producte de la precipitació de carbonat de calci dissolt en les aigües meteòriques afavorida per la descomposició de vegetació.

*Edat:* S'atribueix al Plistocè

## **Pv**

*Descripció curta:* Conglomerats i lutites vermelles (Fotografia 2).

*Descripció litològica general:* Alternança de lutites vermelles i canals de conglomerats. Les lutites són massives presenten carbonatacions i són similars a les de la unitat Pml. Els conglomerats habitualment són clast-suportats. Els clastes són subarrodonits, de mida d'ordre centimètrica a decimètrica. La composició dels clastes fonamentalment és de roques carbonàtiques mesozoiques. La matriu dels conglomerats és lutítico-sorrenca i de color vermell.

El gruix de les capes de conglomerats és d'ordre decimètric fins a 2-3 metres. L'extensió lateral dels canals de conglomerats és d'ordre mètric a decamètric. S'estima que en el conjunt de la unitat la proporció entre les lutites i els conglomerats és d'aproximadament el 50%. La unitat també inclou capetes de gresos, generalment fins, intercats entre les lutites.

*Relació amb altres unitats:* La Base de la unitat és un contacte transicional amb Pml i el sostre és un contacte transaccional amb la unitat Pr. El límit entre Pv i PI s'ha establert en base a l'aparició de canals de conglomerats.

A l'àmbit d'estudi no es troba el sostre de la unitat.

*Localització a l'àmbit d'estudi:* A l'àmbit d'estudi la unitat es localitza a l'extrem septentrional, a la part alta del poble. En aquest sector les lutites vermelles-taronges i els conglomerats Pv es poden observar en alguns talussos dels carrers i rebaixos associats a les construccions. En l'àmbit del full 290-111 la unitat defineix una franja contínua situada sota els cingles de Bertí.

*Geometria i estructura del conjunt de la unitat:* En general les capes cabussen lleugerament cap al NW. A l'àmbit del poble la unitat està afectada per plecs suaus i falles de poc salt. Cap al NW, als cingles, té un cabussament més constant d'uns 5 ° cap al nord-oest.

*Gruix:* S'estima que el gruix de la unitat a l'àmbit del full és d'uns 90-100 metres. A l'àmbit del full només afloren els primers 20 metres de la seqüència.

*Fàcies:* Els materials de la unitat Pv s'interpreten com a fàcies al·luvials associades a l'aixecament de la Cadena Costera Catalana, en concret les lutites corresponen a dipòsits de plana d'inundació i els conglomerats a fàcies de canal. La unitat es correlaciona amb la Formació Vilanova de Sau.

*Edat:* S'atribueix a l'Eocè.



Fotografia 2. Alternança de lutites i conglomerats característica de la unitat Pvl.

### **Pml:**

*Descripció curta:* Lutites vermelles (fotografia 3).

*Descripció litològica general:* Lutites vermelles massives carbonàtiques amb nivells de calitx d'ordre centimètric i intercalacions de poca entitat de gresos majoritàriament de gra fi i, en menor mesura, de conglomerats carbonàtics, especialment a la part alta de la unitat. Des d'un punt de vista bioestratigràfic la unitat s'identifica per la presència de restes fòssils del gasteròpode *Vidaliella Gerundensis*.

*Relació amb altres unitats:* La unitat reposa de forma concordant sobre les bretxes de la unitat Pmb i, a sostre, passa transicionalment a les alternances de conglomerats i lutites Pv.

*Localització a l'àmbit d'estudi:* A l'àmbit urbà la unitat s'observa a l'entrada del poble, a la carretera, per exemple sota el Restaurant la Sala de Can Sabaté; i en petits afloraments dispersos situats al voltant del Centre Cívic. A l'àmbit del full 290-111 cal destacar els afloraments extensos situats als peus dels cingles a la zona de Can Quintanes i del Xalet Blau.

En conjunt s'interpreta que la unitat defineix el substrat geològic d'una franja de fins a 100 metres d'amplada a la part septentrional de l'àmbit d'estudi. A la plana de Riells la unitat queda fossilitzada pels dipòsits quaternaris QPac.

*Geometria i estructura del conjunt de la unitat:* A l'àmbit d'estudi i les zones circumdants la unitat en conjunt cabussa entre 5 i 10° cap al nord-oest. A l'àmbit del poble la unitat està afectada per plecs suaus i falles de poc salt. Cap al NW, als cingles, té un cabussament més constant.

*Gruix:* S'estima que el gruix de la unitat a l'àmbit d'estudi i del full 290-111 és d'uns 10-15 metres. S'ha de tenir en compte que el contacte amb la unitat Pv, que ve marcat per l'aparició de canals de conglomerats és transicional.

*Fàcies:* Aquests materials fonamentalment lutítics s'interpreten com a dipòsits de plana d'inundació al·luvial sotmesos a una intensa activitat biològica (de plantes i de fauna). Els materials de la unitat Pml pertanyen a la Formació Mediona, que representa un nivell de referència important de la base del marge meridional de la Conca de l'Ebre.

*Edat:* S'atribueix al Paleocè.



Fotografia 3. Aflorament (inferior) de la unitat Pml .Alternança lutites i nivells carbonatats (paleosòls).

#### **Pmb:**

*Descripció curta:* Bretxes cimentades (fotografia 4).

*Descripció litològica general:* Nivell de bretxes carbonàtiques molt ben cimentades. Els clastes fonamentalment són de calcàries, dolomies i chert derivats de formacions mesozoiques. La

geometria dels clastes majoritàriament és subangulosa i la mida predominantment és d'ordre centimètric i decimètric. La matriu de les bretxes generalment és compacta, de composició carbonàtica.

*Relació amb altres unitats:* La unitat reposa de forma discordant sobre les calcàries i les dolomies de la unitat Tm3, reomplint un paleorelleu. La unitat Pmb limita a sostre amb les lutites de la unitat Pml a través d'un contacte concordant. El sostre de la unitat Tm3 generalment es troba afectat per un paleokarst que dóna lloc a uns materials d'aspecte bretxoide que es poden confondre amb les bretxes Pmb.

*Localització a l'àmbit d'estudi:* En el camp, els materials que formen la unitat s'han pogut estudiar en alguns petits afloraments com ara a la part baixa de Can Vileu o en el talús que queda sobre Centre Cívic. Fora de l'àmbit d'estudi les bretxes Pmb també s'han identificat a la llera del Tenes, al revol del Carrer Picardell, a sobre de Can Casanoves, al marge sud del camí de Can Quintanes o a la Carretera de Sant Feliu. En conjunt s'interpreta que la unitat defineix el substrat geològic d'una franja de la part central de l'àmbit d'estudi d'uns 10-20 metres d'amplada. A la plana de Riells la unitat queda fossilitzada pels dipòsits quaternaris QPac.



*Fotografia 4. Calcàries bretxoides amb matriu lutítica vermella de la unitat Pmb Aflorament revolt carrer Picardell.*

*Geometria i estructura del conjunt de la unitat:* A l'àmbit d'estudi i les zones circumdants la unitat en conjunt cabussa entre 5 i 10° cap al nord-oest. La unitat està afectada per plecs suaus i falles de poc salt. El caràcter massiu de la unitat fa que la seva estructura derivi fonamentalment d'establir prèviament l'estructura de les unitats que l'acoten Pml i Pmb.

*Gruix:* Nombroses observacions i mesures realitzades a l'àmbit d'estudi de manifest que el gruix de la unitat Pmb és variable i que difícilment supera els 10 metres. A l'àmbit del poble s'estima un gruix aproximat d'uns 5 metres. Cap a l'oest, a la zona de Can Quintanes és possible que la unitat sigui més potent. Cal recordar que la unitat Pmb reposa damunt un paleorelleu i que puntualment la unitat no existeixi.

*Fàcies:* S'interpreta que els materials que constitueixen la unitat corresponen a dipòsits al·luvials de reompliment d'un paleorelleu, en què els materials fins eren rentats. La unitat Pmb s'associa a la part baixa de la Formació Mediona.

*Edat:* S'atribueix al Paleocè.

### **Tm3:**

*Descripció curta:* Calcàries i dolomies (fotografia 5).

*Descripció litològica general:* La part inferior de la unitat està formada per calcàries taulejades griseses-groguenques amb abundants laminacions i algun nivell margós. Les calcàries taulejades, cap a sostre, passen a mostrar estructures de bioturbació (fucoides), donant lloc a unes calcàries més massives. Per damunt d'aquestes calcàries, es troben unes dolomies que defineixen la part superior de la unitat.

*Relació amb altres unitats:* La unitat reposa de forma concordant sobre els materials terrígens de la unitat Tm2. La unitat Tm3 limita a sostre amb les bretxes de la unitat Pmb a través d'un contacte discordant, que en aquest àmbit defineix un paleorelleu considerable.

*Localització a l'àmbit d'estudi:* En el camp, els materials que formen la unitat s'han pogut estudiar en nombrosos afloraments situats per exemple a la zona de la Font de l'Alzinella, al revol del Carrer Picardell, a la part alta del Carrer Zamenhof, al Carrer del Mirador o el Carrer de can Vileu. En conjunt s'interpreta que la unitat defineix el substrat geològic d'una franja de la part central de l'àmbit d'estudi d'amplada d'ordre mètric a hectomètric. A les parts baixes del poble la unitat queda fossilitzada pels dipòsits quaternaris QPac.

*Geometria i estructura del conjunt de la unitat:* A l'àmbit d'estudi i les zones circumdants la unitat cabussa moderadament cap al nord-oest. Aquest cabussament regional representa l'envoltant d'una sèrie de plecs de longitud d'ona d'ordre hectomètrica vergents cap al nord-oest. A escala d'aflorament sovint s'observa que la unitat està afectada per plecs de menor ordre, alguns d'ells associats a falles inverses de poc salt.

*Gruix:* Nombroses observacions i mesures realitzades a l'àmbit d'estudi i a les àrees veïnes de la Baga de Can Camp, Serrat de can Quintanes i els marges del Torrent de la Bassella i el Tenes posen de manifest que la unitat té un gruix variable d'aproximadament entre 15 i 25 metres. Aquests canvis de gruix es deuen al paleorelleu que defineix la base de la successió paleògena.

*Us com a recurs:* Aquestes roques carbonàtiques s'han utilitzat com a pedra de construcció.

*Fàcies:* S'interpreta que les roques que constitueixen la unitat deriven originàriament de sediments carbonàtics dipositats en una plataforma marina i que, posteriorment, en condicions diagenètiques, sofriren un procés de dolomitització. Es correlacionen amb els dipòsits del Muschelkalk superior.

*Edat:* S'atribueix al Triàsic mitjà.



*Fotografia 5. Aflorament de la unitat Tm3 cobert per dipòsits col·luvials.*

## **Tm2:**

*Descripció curta:* Lutites vermelles i gresos (fotografia 6).

*Descripció litològica general:* Unitat composta fonamentalment per una alternança de lutites vermelles i gresos. Les lutites, que sovint presenten laminacions, defineixen trams més o menys homogenis de fins a 10 metres de gruix. Els gresos defineixen capes d'ordre cm-dm amb abundants estructures de corrent. Les capes de gresos que predominen sobretot a la part central de la sèrie formen amalgames d'ordre mètric. Al marge de les roques detrítiques la unitat també inclou nivells discontinus de fins a un metre de gruix de guixos versicolors, margues grises i calcàries taulejades. Els guixos i les margues se situen a la part baixa de la successió, i les calcàries a la part alta.

*Localització a l'àmbit d'estudi:* A l'àmbit d'estudi la unitat s'observa en nombrosos afloraments disseminats per la trama urbana, per exemple als Carrers de can Vileu, de Jan Miró, d'Antoni Gaudí o de la Font de l'Alzinella. A l'àmbit d'estudi s'estima que la unitat defineix el substrat

geològic d'una franja àmplia d'entre 400 i 500 metres des dels Boscos de Can Riells fins a la part baixa de Can Castanyer, on queda fossilitzada pels dipòsits quaternaris QPac.

*Relació amb altres unitats:* Des d'un punt de vista estratigràfic la unitat queda limitada per les calcàries taulejades de la unitat Tm2 al sostre i, les calcàries i dolomies més massives de la unitat Tm1 a la base. Els límits amb ambdues unitats són contactes normals.

*Geometria i estructura del conjunt de la unitat:* A escala regional la unitat cabussa cap al nord-oest. A escala d'aflorament s'observa que les capes estan intensament deformades, per plectes de longitud d'ona d'ordre dm a mètric de direcció SO-SE vergents cap al N. Els materials de la unitat Tm2 que afloren a l'àmbit d'estudi pertanyen a la rampa del bloc superior de l'encavalcament de la Prelitoral.

*Gruix:* L'anàlisi estructural de les traces cartogràfiques i les mesures dels plans d'estratificació suggereix que la unitat té un gruix aproximat d'entre 110 i 130 metres.

*Fàcies:* Es tracta d'una unitat composta fonamentalment de dipòsits detrítics al·luvials a on les lutites s'interpreten com a dipòsits de plana d'inundació i els gresos com a fàcies de canal. Les evaporites i els materials carbonàtics s'interpreten com a dipòsits de tipus sabkha. La unitat correspon al Muschelkalk mig.

*Edat:* S'atribueix al Triàsic mitjà.



*Fotografia 6. Aflorament de la unitat Tm2 al carrer Pau Casals (Can Castanyer). Alternança lutites i gresos en un tram de capes de gresos, afectat per diaclasat.*

### **Tm1:**

*Descripció curta:* Calcàries grises i dolomies.

*Descripció litològica general:* Unitat de roques carbonàtiques composta fonamentalment per calcàries micrítiques grises en capes d'ordre decimètric que s'alternen amb calcàries massives bioturbades (calcàries amb fucoïdes). També inclou calcàries i dolomies taulejades especialment a la zona propera al sostre i la base de la unitat; i dolomies massives a meitat superior. S'identifiquen estructures associades a paleocarst i nivells de ferruginització.

*Relació amb altres unitats:* Des d'un punt de vista estratigràfic la unitat queda limitada per les lutites vermelles de la unitat Tm2 al sostre i, les lutites vermelles i margues de la unitat Tb a la base. Els límits amb ambdues unitats són contactes normals.

*Localització a l'àmbit d'estudi:* La unitat aflora a la carretera de Bigues a Riells (BP-1432) a sota la pedrera del Margarit. S'ha identificat algun aflorament puntual a la urbanització de Can Castanyer. Fora de l'àmbit destaquen els afloraments de la llera del Tenes, la pedrera del Margarit i la Baga de Can Camp. A l'àmbit d'estudi s'estima que defineix el substrat geològic d'un sector molt reduït del Bosc de Can Castanyer.

*Geometria i estructura del conjunt de la unitat:* A l'àmbit del full la unitat defineix una sèrie de plecs sub-cilíndrics vergents cap al nord-oest de longitud d'ona d'ordre Dm-Hm. Els materials de la unitat Tm1 que afloren a l'àmbit d'estudi pertanyen a la rampa del bloc superior de l'encavalcament de la Prelitoral.

*Gruix:* L'anàlisi estructural de les traces cartogràfiques combinat amb les mesures suggereix que la unitat té un gruix d'uns 90 metres.

*Fàcies:* S'interpreten com a fàcies mareals de rampa carbonàtica que es poden correlacionar amb els dipòsits del Muschelkalk inferior.

*Edat:* S'atribueix al Triàsic mitjà.

## 4 Geotècnia

### 4.1 Unitats geotècniques

La descripció i caracterització física dels materials que es realitza en aquest treball es basa en la definició de la unitat geotècnica, entesa com una entitat que engloba un conjunt de materials del terreny que tenen un origen, evolució geològica i unes característiques i propietats físiques similars.

La unitat geotècnica guarda relació amb la unitat geològica, malgrat que és freqüent definir diverses unitats geotècniques dins d'una mateixa unitat geològica, com en el cas de les unitats de roca on l'horitzó d'alteració presenta unes característiques molt diferenciades respecte de la roca sana. Així, les unitats geotècniques considerades en el present estudi i les seves equivalències amb les corresponents unitats geològiques són les definides a la taula 12.

Taula 12. Unitats geotècniques en el present estudi.

Unitats cartogràfiques MGC 25m	Unitats cartogràfiques 1:5000	Unitat geotècnica	Comportament geotècnic
Tm1	Tm1	Tm1c	Roca
Tm2	Tm2	Tm2lg	Sòl/Roca
Tm3	Tm3	Tm3cd	Roca
Pm	Pm	Pml	Sòl/Roca
		Pmb	Roca
Pv	Pv	Pvlc	Sòl
QPac	QPac	QPac_bgsl	Sòl
QH	QHT0	QHT0_gsl	Sòl

#### 4.1.1 Unitat Tm1c

La unitat geotècnica Tm1c correspon a la unitat geològica Tm1 constituïda per calcàries grises i dolomies en capes d'ordre decimètric que s'alternen amb calcàries massives. Des d'un punt de vista estratigràfic la unitat queda limitada per les lutites vermelles de la unitat Tm2 al sostre i, les lutites vermelles i margues de la unitat Tb a la base. Els límits amb ambdues unitats són contactes normals. La potència de la unitat és d'uns 90 metres.

La unitat aflora a la carretera de Bigues a Riells (BP-1432) a sota la pedrera del Margarit i s'ha identificat algun aflorament puntual a la urbanització de Can Castanyer. En els sondatges realitzats només s'ha detectat en el SR14, a una profunditat de 13.4 m i fins a la finalització d'aquest (15.0 m).

Es tracta d'una unitat rocosa la qualitat de la qual, segons la classificació geomecànica RMRm de Beniaowski (1989) és bona, amb una puntuació entre 65-70 grup II. En funció d'aquest paràmetres, s'estima un valor de mòdul de deformabilitat del massís rocós ( $E_M$ ) entre 30000 i 40000 MPa, a partir de l'expressió:

$$E_M = 2RMR - 100$$

On:

- $E_M$ : mòdul de deformabilitat del massís rocós, en GPa
- $RMR$ : valor de la classificació Rock Mass Rating, Beniaowski (1989)

#### 4.1.2 Unitat Tm2lg

La unitat geotècnica Tm2lg correspon a la unitat geològica Tm2. És constituïda principalment per lutites vermelles que presenten intercalacions de decimètriques a mètriques de gresos. El gruix dels trams lutítics varia de mètric a decamètric. La potència de la unitat varia entre 110 i 120 metres. Es localitza a la meitat sud de la zona d'estudi, estenent-se d'est a oest (figura 7). A l'àrea d'estudi els afloraments es concentren al sector oriental i centre (Can Castanyer) mentre que a la resta es troba cobert per les unitats quaternàries del Plistocè (QPac\_bgs1) i Holocè (QHt0). Aquesta unitat s'ha detectat en els sondatges que s'indica a la taula 13.

Taula 13. Distribució de la unitat Tm2lg en els sondatges realitzats.

Unitat Tm2lg	
Sondatge	Profunditat (m)
SR-02	13,6-18,0
SR-04	1,1-18,0
SR-06	6,6-18,0
SR-07	0,6-13,0
SR-09	0,3-13,0
SR-10	0,6-13,5
SR-11	0,7-13,0
SR-12	0,2-13,0

Unitat Tm2lg	
Sondatge	Profunditat (m)
SR-13	10,4-13,0
SR-14	8,0-13,4

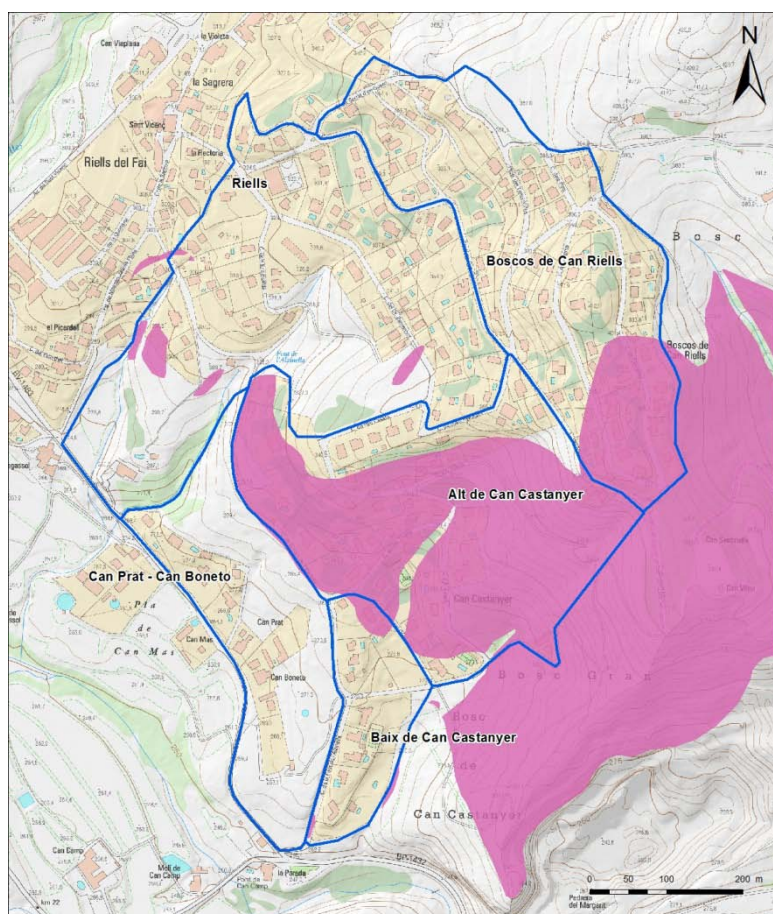


Figura 9. Distribució de la unitat Tm2lg.

El resultat dels processos de meteorització que provoquen l'alteració i transformació del massís rocós, són força evidents en els trams lutítics que en alguns casos presenten un comportament més propi d'un sòl dur que no pas d'una roca. Aquests processos, s'han observat superficialment en els afloraments i en profunditat en alguns trams dels sondatges (taula 14). En total, la mitjana del percentatge de trams en sondatges que presenten el comportament més propi d'un sòl que d'una roca és d'un 34%. Durant les campanyes de camp també s'han identificat formacions superficials de caràcter col·luvial que recobreixen els afloraments de la unitat, malgrat no han estat cartografiades a causa de la seva poca entitat, amb una potència màxima d'uns 2 metres (fotografia 7).

Taula 14. Distribució dels trams alterats de la unitat Tm2lg en els sondatges realitzats

Unitat Tm2lg		
Sondatge	Profunditat (m)	%
SR-02	13,7 - 15,2	34
SR-04	12,9 - 15,9	18
SR-06	6,6 - 9,8	28
SR-07	10,8 - 13,0	18
SR-09	3,6 - 9,7	48
SR-10	2,4 - 4,2	14
SR-11	0,7 - 5,1 i 6,0 - 12,4	88
SR-13	10,4-12,7	88
SR-14	8,0-12,9	91



Fotografia 7. Aflorament on s'observa del tram alterat de la unitat Tm<sub>2</sub>lg cobert per dipòsits col·luvials al carrer Antoni Gaudí (Can Castanyer).

### Classificació geotècnica, estat i identificació

Des del punt de vista de comportament geotècnic es diferencia el tram alterat, que presenta un comportament de sòl molt compacte, dur i cohesiu, del tram no alterat (o poc alterat), que presenta un comportament de roca tova, amb un grau de fracturació variable, però en general, elevat (figura 10).

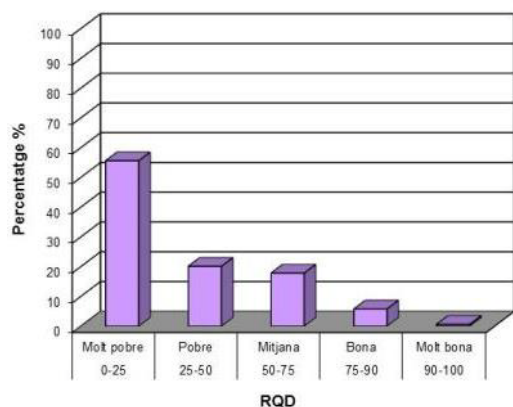


Figura 10. Distribució dels valors RQD a la unitat Tm2lg.



Fotografia 8. Lutites de la unitat Tm2lg (SR-07 de 6,00 a 9,00).

El color de la unitat és vermell vinós, passant a tons més rosats en el tram alterat. Presenta un contingut en fins ( $\% < 0.08 \text{ mm}$ ) molt alt amb un valor mig de 78,7%. Segons la classificació USCS corresponen a CL i CL-ML (taula 16). Els assaigs d'estat realitzats mostren que la unitat Tm2lg té una humitat natural mitjana del 12,3%, una densitat seca de  $2,03 \text{ g/cm}^3$  i una densitat aparent de  $2,30 \text{ g/cm}^3$ .

Taula 15. Assaigs d'identificació de la unitat Tm2lg

Assaig	Nombre assaigs	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Humitat natural (%)	3	5,9 - 21,8	12,3	8,36
Densitat seca ( $\text{g/cm}^3$ )	3	1,71 - 2,26	2,03	0,28
Densitat aparent ( $\text{g/cm}^3$ )	7	1,95 - 2,53	2,30	0,22
$\% < 5 \text{ mm}$	10	86 - 100	97,0	4,17
$\% < 2 \text{ mm}$	10	80 - 100	93,0	6,84
$\% < 0.4 \text{ mm}$	10	75,3 - 99,5	87,0	9,13
$\% < 0.08 \text{ mm}$	10	63,7 - 98,2	78,7	10,49
Límit líquid (%)	10	21 - 33	29	3,38
Límit plàstic (%)	10	17 - 21	20	1,59
Índex de plasticitat (%)	10	5 - 13	9	2,69

Taula 16. Classificació USCS de la unitat Tm2lg.

Classificació USCS	Núm. de mostres	Percentatge (%)
CL	8	80
CL-ML	2	20

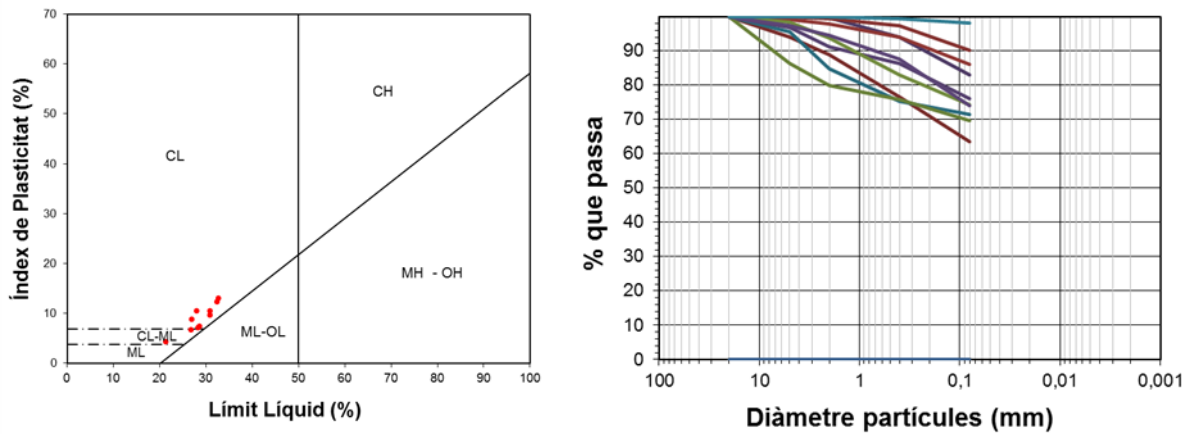


Figura 11. Gràfic de Casagrande i distribució de la granulometria de la unitat Tm2lg.

### Resistència i deformabilitat

Es disposen de 9 assaigs SPT i 2 mostres inalterades (MI) realitzats durant la present campanya i en els treballs previs als trams lutítics. Els valors de  $N_{spt}$  se situen entre 35 i rebuig amb una mitjana de 76, que segons bibliografia es pot correlacionar amb una consistència dura. En els trams més meteoritzats, els valors es situen entre 35 i 66, mentre que els trams més sans presenten valors de rebuig ( $N \geq 100$ ).

Valors NSPT	Nombre d'assaigs	Percentatge (%)
0-4	0	0
5-10	0	0
11-15	0	0
16-20	0	0
21-25	0	0
26-30	0	0
31-35	1	11
36-40	1	11
41-45	1	11
46-50	0	0
>50	6	67
Total	9	100

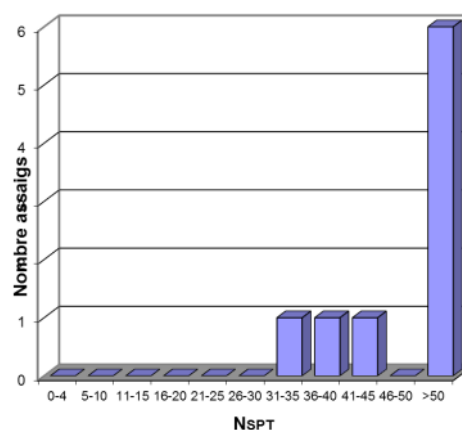


Figura 12. Distribució dels valors N<sub>spt</sub> dels assaigs de penetració estàndard a la unitat Tm2lg.

Per a caracteritzar la resistència dels trams alterats de la unitat Tm2lg es disposa de 2 assaigs de compressió simple i de 4 assaigs de tall directe consolidat i drenat, dels que s'han obtingut els valors següent taula 17.

Taula 17. Assaig de resistència de la unitat Tm2lg

Assaig	Nombre d'assaigs	Paràmetre	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Compressió simple (Tm2lg alterat)	2	R. comp. simple $q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,75 - 2,49	1,64	1,21
		Deformació $\delta$ (%)	2,4 - 12,4	7,4	7,02
Compressió simple (Tm2lg roca)	2	R. comp. simple $\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	23,22-27,98	25,60	3,4
Tall directe consolidat i drenat (CD) (Tm2lg alterat)	4	Cohesió $C'$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,07 - 0,19	0,12	0,05
		Angle de freg. $\phi'$ (°)	27 - 35	31	3,70
		Cohesió residual $C_r$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,00 - 0,21	0,07	0,10
		Angle de freg. residual $\phi_r$ (°)	20 - 31	26	5,28

Per al tram de Tm2lg roca, a partir del valor mig de resistència a la compressió simple, s'obté una valoració qualitativa de la matriu rociosa de *roca molt tova* (ISRM, 1981). Per al tram de Tm2lg alterat, a partir dels valors de la resistència a la compressió simple, i de la pressió límit dels assaigs pressiomètrics, s'ha estimat el valor de la resistència al tall sense drenatge ( $C_u$ ) a partir de les relacions bibliogràfiques existents (taula 18).

Taula 18. Valors de resistència al tall sense drenatge pel tram alterat de la unitat Tm2lg.

Paràmetre	Correlació assaig	Nombre d'assaigs	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Resistència al tall sense drenatge Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Compressió simple*	2	0,4-1,25	0,82	0,6
	Pressiòmetre tipus OYO*	4	3,71-14,19	7,19	4,84

\*només es considera el tram meteoritzat que té un comportament de sòl dur

A nivell de deformabilitat, s'han obtingut els següents valors de mòduls de deformació, tenint en compte els assaigs de compressió simple i els assaigs pressiomètrics realitzats (taula 19. ).

Taula 19. Mòduls de deformació determinat per a la unitat Tm2lg

Tram Tm2lg	Paràmetre	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Tm2lg alterat	Mòdul elàstic E (kg/cm <sup>2</sup> )	102,4 - 241,5	172,0	98,4
	Mòdul de tall G (kg/cm <sup>2</sup> )	--	92,2	--
Tm2lg roca	Mòdul elàstic E (kg/cm <sup>2</sup> )	680,5 – 2452,9	1599,1	888,0
	Mòdul de tall G (kg/cm <sup>2</sup> )	261,7 – 943,5	615,0	371,5

La qualitat del massís rocós, segons la classificació geomecànica RMR de Beniawski (1989), es pot considerar que la unitat Tm2lg estaria dins dels grups II i III, de qualitat pobre a mitjana, respectivament, amb una puntuació entre 38 i 55, sempre considerant condicions seques. En funció d'aquests paràmetres, s'estima un valor de mòdul de deformabilitat del massís rocós ( $E_M$ ) entre 590 i 1300 MPa, a partir de l'expressió, valors coherents amb els assaigs realitzats:

$$E_M = \sqrt{\frac{\sigma_c}{100}} \cdot 10^{\frac{RMR-10}{40}}$$

On:

- $E_M$ : mòdul de deformabilitat del massís rocós, en GPa
- $\sigma_c$ : resistència a la compressió simple, en MPa
- $RMR$ : valor de la classificació Rock Mass Rating, Beniawski (1989)

## Expansivitat

A partir dels assaig realitzats es constata que presenten un grau d'expansivitat baix o molt baix (Grau I) (taula 20).

Taula 20. Assaigs d'inflament de la unitat Tm2lg

Assaig		Nombre d'assaigs	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Pressió d'inflament (kg/cm <sup>2</sup> )		3	0,00 - 0,50	0,25	0,25
Inflament lliure (%)		3	0,00 - 0,74	0,31	0,39
Assaig Lambe	Índex inflament (MPa)	6	0,07 - 0,10	0,08	0,01
	Canvi pot. de volum (%)	5	0,74 - 2,37	1,60	0,59

## Caracterització química

S'han realitzat els següents assaigs químics amb els següents resultats (taula 40).

Taula 21. Assaigs químics de la unitat Tm2lg

Assaig	Nombre d'assaigs	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Sulfats (%)	1	0,000	0,000	--
Sals (%)	2	0,000 - 0,370	0,185	0,26
Guix (%)	2	0,030 - 0,044	0,037	0,01

## Caracterització geofísica

Dels resultats dels perfils de tomografia sísmica realitzats, s'han obtingut els següents paràmetres dinàmics per a la unitat Tm2lg (taula 22 i figura 13):

Taula 22. Paràmetres dinàmics de la unitat Tm2lg

Paràmetre	Valor mig	Valor màxim	Valor mínim	Desviació estàndard
Mòdul de tall G (MPa)	700,2	1292,0	174,3	313,5
Mòdul elàstic E (MPa)	2043,1	3765,2	515,7	907,2
Mòdul de compressibilitat K (MPa)	9576,5	17548,6	1538,2	4195,0

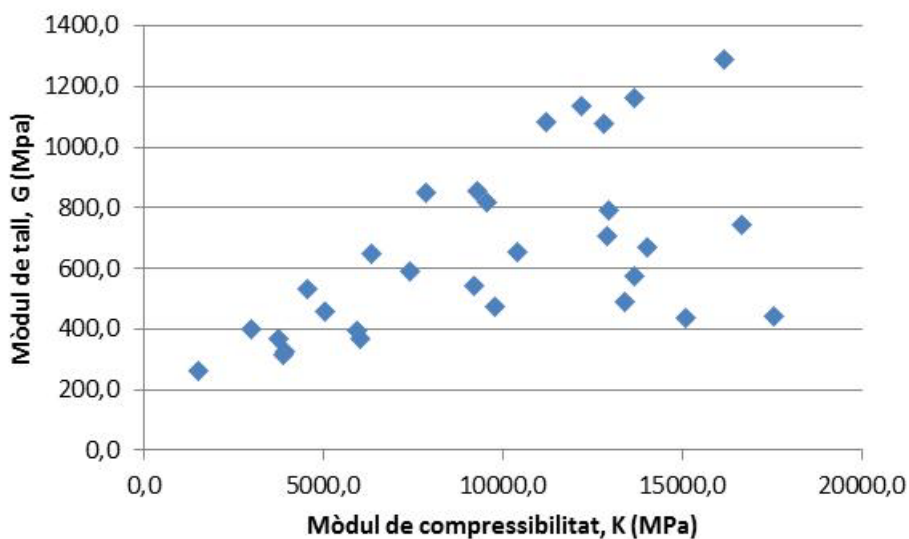


Figura 13. Distribució dels mòduls de tall (G) i compressibilitat (K) dinàmics per a la unitat Tm2lg

### Paràmetres de càlcul

En funció de les dades que s'han exposat s'ofereix un quadre resum amb les principals característiques geotècniques del tram alterat de la unitat Tm2lg (taula 23).

Taula 23. Paràmetres geotècnics recomanats pel tram alterat de la unitat Tm2lg.

Paràmetre	Valor Característic	Valoració
Humitat natural ( $w_n$ )	12,3 %	--
Densitat seca ( $\gamma_d$ )	2,03 gr/cm <sup>3</sup>	--
Densitat natural ( $\gamma_n$ )	2,30 gr/cm <sup>3</sup>	--
% fins <0,08mm	78,7%	CL (80%), CL-ML (20%)
N <sub>SPT</sub>	76	Consistència molt compacta
Límit líquid ( $w_L$ )	28,8%	--
Índex de plasticitat (IP)	9,2%	Plasticitat baixa
Compressió simple sòl ( $q_u$ )	2,5 kg/cm <sup>2</sup>	Consistència molt compacta
Cohesió efectiva (C')	0,12 kg/cm <sup>2</sup>	--
Angle de fregament efectiu ( $\phi'$ )	31°	--
Cohesió residual (C <sub>r</sub> )	0,07 kg/cm <sup>2</sup>	--
Angle de fregament residual ( $\phi_r$ )	26°	--
Resistència al tall sense drenatge (Cu)	1,25 kg/cm <sup>2</sup>	--

### 4.1.3 Unitat Tm3cd

La unitat geotècnica Tm3cd correspon a la unitat geològica Tm3 de la cartografia geològica i dels talls geològics-geotècnics. És constituïda per roques sedimentàries carbonatades (calcàries laminades, calcàries bioclàstiques, calcàries amb fucoïdes i dolomies clares). Lateralment presenta grans variacions de potència, la qual s'estima entre 15 i 25 metres. Estructuralment, igual que la unitat anterior Tm2lg, es presenta plegada formant un conjunt de anticlinoris-sinclinoris i vergents cap el NO, i afectada per una família de diàclasi de caràcter regional, de direcció NE-SW molt vertical, generalment cabussant cap al SE. L'espaiat de les diàclasi és d'ordre centimètric-decimètric. Es localitza a la meitat nord de la zona d'estudi, estenent-se d'est a oest. En el seu àmbit de distribució els pocs afloraments visibles es concentren al sector central, mentre que al sector occidental són més reduïts al estar coberts per les unitats quaternàries del Plistocè (QPac\_bgs1) i Holocè (QHt0). En concret, els afloraments on s'ha pogut estudiar a la zona de la zona de la Font de l'Alzinella, al revol del Carrer Picardell, a la part alta del Carrer Zamenhof, al carrer del Mirador o el carrer de Can Vileu. Aquesta unitat s'ha detectat en els sondatges següents (taula 24).

Taula 24. Distribució de la unitat Tm3 en els sondatges realitzats

Unitat Tm3cd	
Sondatge	Profunditat (m)
SR-01	7,2-11,4
SR-02	10,7-13,6
SR-03	9,3-18,0
SR-05	1,2-18,0
SR-08	0,0-13,0

Els processos de meteorització en superfície dona lloc a uns sòls gravencs angulosos. S'estima que aquests poden ser significatius fins a uns 2 metres de fondària. De la mateixa manera que a la unitat Tm2lg, s'han identificat en els vessants alguns dipòsits col·luvials dispersos cobrint la majoria d'afloraments.

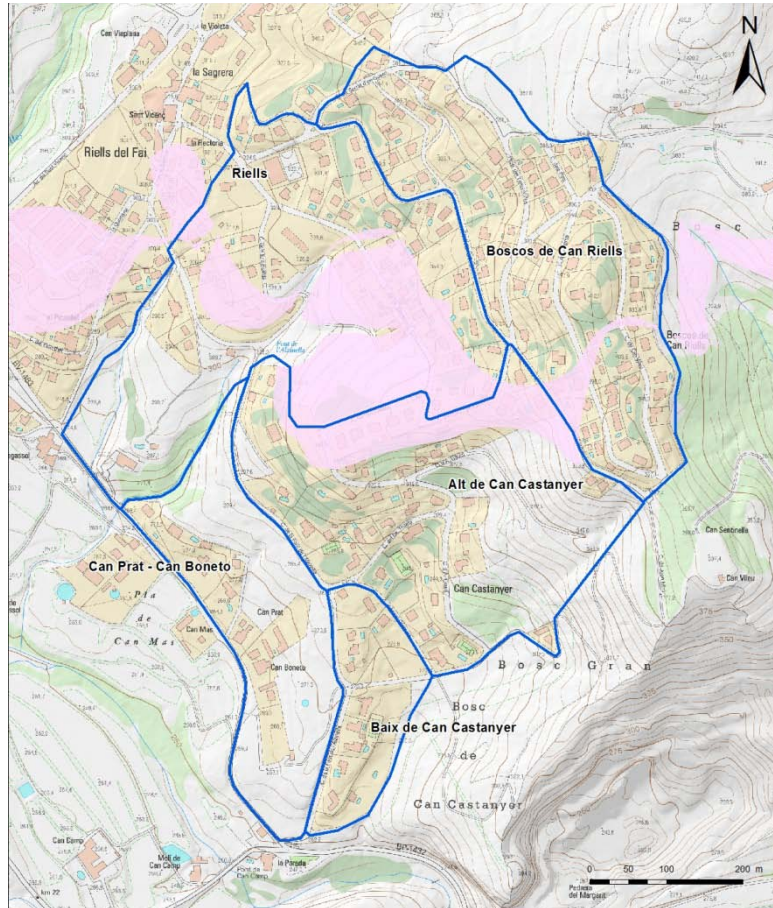


Figura 14. Distribució de la unitat Tm3cd.

### Classificació geotècnica, estat i identificació

La unitat Tm3cd correspon a una roca moderadament dura molt fracturada (figura 15). Presenta una coloració de tons clars, grisos, ocres i blanc.



Fotografia 9. Dolomies laminades ocres de la unitat Tm3cd (SR-05 de 15,00 a 18,00).

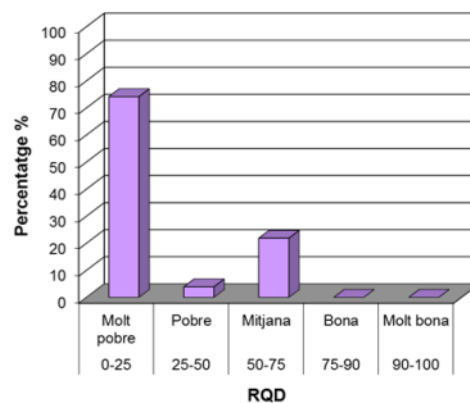


Figura 15. Distribució dels valors RQD a la unitat Tm3cd.

Segons els assaigs d'identificació i estat natural, la unitat Tm3cd té una densitat aparent de 2,73 g/cm<sup>3</sup> i una densitat seca de 2,72 g/cm<sup>3</sup> i presenta una humitat natural mitjana de 0,65 %. A la taula 25 es mostren els resultats d'aquests assaigs.

Taula 25. Assaig d'identificació realitzats a la unitat Tm3cd.

Assaig	Nombre assaigs	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Humitat natural (%)	2	0,6 - 0,7	0,65	0,0
Densitat seca (g/cm <sup>3</sup> )	2	2,68 - 2,75	2,72	0,05
Densitat aparent (g/cm <sup>3</sup> )	2	2,69 - 2,77	2,73	0,06

### Resistència i deformabilitat

Per caracteritzar els paràmetres resistents de la roca intacta de la unitat Tm3cd es disposa dels següents resultats d'assaig de compressió simple (taula 26).

Taula 26. Assaig de resistència a compressió simple de la unitat Tm3cd

Assaig	Nombre d'assaigs	Paràmetre	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Compressió simple	2	R. comp. simple $\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	278,6 - 481,3	379,9	143,3

A partir del valor mig de resistència a la compressió simple, s'obté una valoració qualitativa de la matriu rocosa de *roca moderadament dura* (ISRM, 1981). La qualitat del massís rocós, segons la classificació geomecànica RMR de Bieniawski (1989), es pot considerar que la unitat Tm3cd estaria dins dels grups III, de qualitat mitjana, amb una puntuació entre 49 i 59, sempre considerant condicions seques. En funció d'aquests paràmetres, s'estima un valor de mòdul de deformabilitat del massís rocós ( $E_M$ ) entre 3800 i 6100 MPa (a partir de [2]).

### Caracterització geofísica

Dels resultats dels perfils de tomografia sísmica realitzats, s'han obtingut els següents paràmetres dinàmics per a la unitat Tm3 (taula 27, figura 16):

Taula 27. Paràmetres dinàmics de la unitat Tm3

Paràmetre	Valor mig	Valor màxim	Valor mínim	Desviació estàndard
Mòdul de tall G (MPa)	2362,3	4265,1	732,4	1056,9
Mòdul elàstic E (MPa)	6743,7	11765,2	2170,4	2888,9
Mòdul de compressibilitat K (MPa)	19053,3	21904,3	15287,5	1954,9

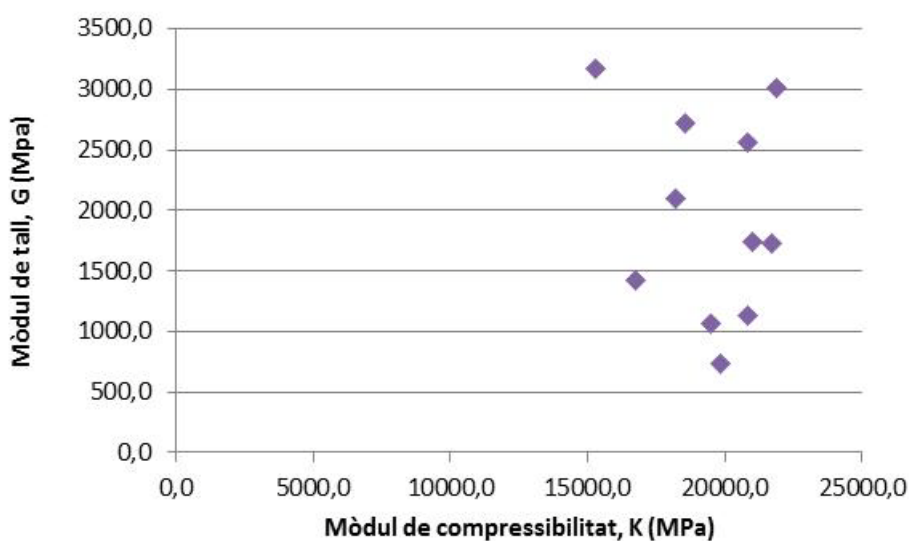


Figura 16. Distribució dels mòduls de tall (G) i compressibilitat (K) dinàmics per a la unitat Tm3cd

### Paràmetres de càlcul

En funció de les dades que s'ha exposat s'ofereix un quadre resum amb les principals característiques geotècniques de la unitat Tm<sub>3</sub>cd (taula 28).

Taula 28. Paràmetres geotècnics recomanats per a la unitat Tm3cd.

Paràmetre	Valor característic	Valoració
Humitat natural ( $w_n$ )	0,65 %	--
Densitat seca ( $\gamma_d$ )	2,72 gr/cm <sup>3</sup>	--
Densitat natural ( $\gamma_n$ )	2,73 gr/cm <sup>3</sup>	--
Compressió simple ( $\sigma_c$ )	380 kg/cm <sup>2</sup>	Roca moderadament dura

#### 4.1.4 Unitat Pmb

La unitat geotècnica Pmb correspon a la unitat geològica del mateix nom. És constituïda per bretxes calcàries, a vegades amb matriu lutítica vermella, i calcàries noduloses de tipus calcrites. Lateralment presenta grans variacions de potència, amb un gruix màxim d'entre 5-6 metres. Es disposa discordant damunt la unitat anterior Tm3cd. Estructuralment presenta la mateixa sintonia de plegament que el conjunt de les unitats geotècniques Tm<sub>2</sub>lg i Tm<sub>3</sub>cd. De la mateixa manera que en les unitats geotècniques anteriors, aquesta també està afectada pel mateix diaclasat de direcció NE-SW.

Es localitza al sector nord de la zona d'estudi, estenent-se d'est a oest en forma d'una franja estreta. La reduïda extensió així com l'elevat grau d'urbanització limita moltíssim els afloraments. A l'àmbit els millors afloraments s'han localitzat a la part baixa de Can Vileu o en el talús que queda sobre Centre Cívic. Fora de l'àmbit d'estudi les bretxes Pmb també s'han identificat a la llera del Tenes, al revol del Carrer Picardell, a sobre de Can Casanoves, al marge sud del camí de Can Quintanes o a la Carretera de Sant Feliu. Aquesta unitat s'ha detectat en els sondatges següents:

Taula 29. Distribució de la unitat Pmb en els sondatges realitzats

Unitat Pmb	
Sondatge	Profunditat (m)
SR-01	1,2-7,2
SR-02	7,8-10,7
SR-03	6,6-9,3

La meteorització en superfície dóna lloc a sòls amb blocs de bretxes erràtics d'ordre decimètric a mètric. S'estima que els processos de meteorització poden ser significatius fins a uns 2 o 3 m de fondària.

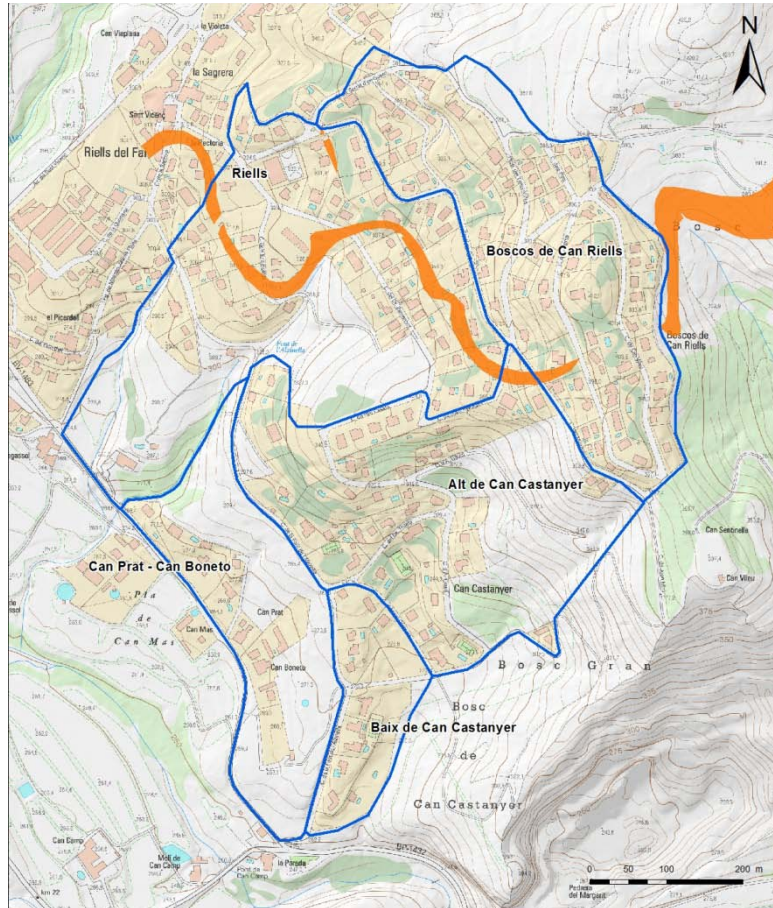
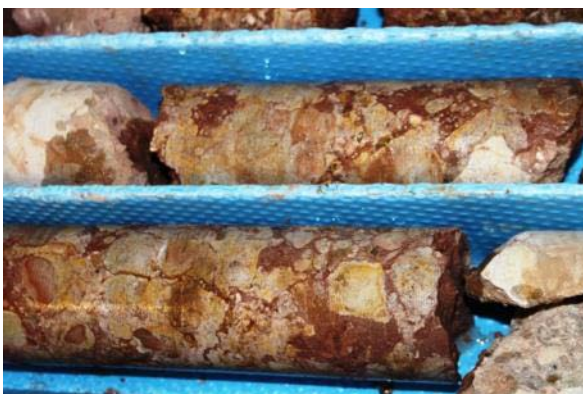


Figura 17. Distribució de la unitat Pmb

### Classificació geotècnica, d'estat i identificació

Des del punt de vista de comportament geotècnic la unitat Pmb és una roca amb un grau de fracturació mig (50% de RQD d'entre 50-75), amb bretxes de color gris clar i una matriu de color marró-vermellós.



Fotografia 10. Bretxes calcàries de la unitat Pmb (SR-05 de 15,00 a 18,00).

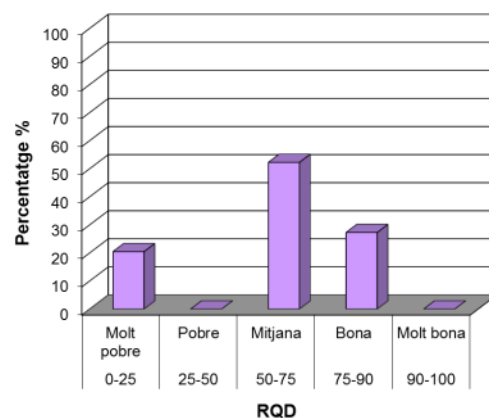


Figura 18. Distribució dels valors RQD a la unitat Pmb

Segons els assaigs d'identificació i estat natural, la unitat Pmb té una densitat aparent de 2,77 g/cm<sup>3</sup> i una densitat seca de 2,74 g/cm<sup>3</sup> i presenta una humitat natural mitjana de 0,91 %. A la taula 30 es mostren els resultats dels assaig.

Taula 30. Assaig d'identificació realitzats a la unitat Pmb.

Assaig	Nombre assaigs	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Humitat natural (%)	2	0,6 - 1,2	0,91	0,4
Densitat seca (g/cm <sup>3</sup> )	2	2,73 - 2,75	2,74	0,01
Densitat aparent (g/cm <sup>3</sup> )	2	2,77 - 2,77	2,77	0,00

### Resistència i deformabilitat

Per caracteritzar els paràmetres resistents de la roca intacta de la unitat Pmb es disposa dels següents resultats d'assaig de compressió simple (taula 31).

Taula 31. Assaig de resistència a compressió simple de la unitat Pmb

Assaig	Nombre d'assaigs	Paràmetre	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Compressió simple	2	R. comp. simple $\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	771,5 - 880,4	825,9	77,0

A partir del valor mig de resistència a la compressió simple, s'obté una valoració qualitativa de la matriu rocosa de *roca dura* (ISRM, 1981).

La qualitat del massís rocós, segons la classificació geomecànica RMR de Beniawski (1989), es pot considerar que la unitat Tm3cd estaria dins dels grups III, de qualitat mitjana, amb una puntuació entre 49 i 59, sempre considerant condicions seques. En funció d'aquests paràmetres, s'estima un valor de mòdul de deformabilitat del massís rocós ( $E_M$ ) entre 4000 i 32000 MPa (a partir de [1]).

### Caracterització geofísica

Dels resultats dels perfils de tomografia sísmica realitzats, s'han obtingut els següents paràmetres dinàmics per a la unitat Pmb (taula 32, figura 19):

Taula 32. Paràmetres dinàmics de la unitat Pmb.

Paràmetre	Valor mig	Valor màxim	Valor mínim	Desviació estàndard
Mòdul de tall G (MPa)	508,7	2013,1	56,3	496,6
Mòdul elàstic E (MPa)	1476,6	5793,9	165,2	1434,7
Mòdul de compressibilitat K (MPa)	8642,3	18177,2	319,8	5615,4

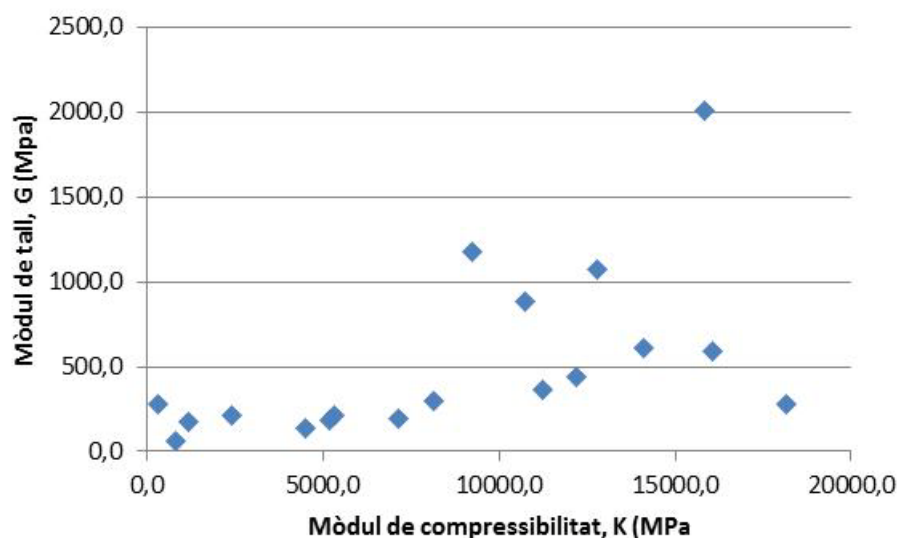


Figura 19. Distribució dels mòduls de tall (G) i compressibilitat (K) dinàmics per a la unitat Pmb

### Paràmetres de càlcul

En funció de les dades que s'ha exposat s'ofereix un quadre resum amb les principals característiques geotècniques de la unitat Pmb (taula 33).

Taula 33. Paràmetres geotècnics recomanats per a la unitat Pmb.

Paràmetre	Valor característic	Valoració
Humitat natural ( $w_n, Pmb$ )	0,91 %	--
Densitat seca ( $\gamma_d, Pmb$ )	2,74 gr/cm <sup>3</sup>	--
Densitat natural ( $\gamma_n, Pmb$ )	2,77 gr/cm <sup>3</sup>	--
Compressió simple ( $\sigma_c, Pmb$ )	826 kg/cm <sup>2</sup>	Roca dura

#### 4.1.5 Unitat Pml

La unitat geotècnica Pml correspon a la unitat geològica Pm de la cartografia geològica i dels talls geològics-geotècnics. És formada principalment per lutites vermelles que presenten intercalacions tabulars gresos de gra fi de gruix mètric i decimètric, i en menor grau capes d'ordre decimètric de conglomerats. Les lutites es disposen en intervals massius de gruix mètric i decamètric. La potència varia de 30 a 40 m. Tot i estar afectada per la mateixa estructura tectònica de plegament que presenten les unitats geotècniques anteriorment tractades, els plecs són bastant més suaus. La unitat presenta el mateix sistema de diàclasis que afecta les unitats de materials triàsics (plans verticals de direcció NE-SW) però que en aquest cas, a escala d'aflorament no s'identifica amb tanta claredat.

De la mateixa manera que les unitats geotècniques anteriors presenta un horitzó d'alteració format per sediments llimosos-argilosos vermells-rosats. En general, el gruix d'aquests materials d'alteració difícilment superen els dos metres de gruix. No obstant, hi ha excepcions com en el sector del Centre Cívic, on s'han determinat gruixos de gairebé 6 m d'aquests materials alterats.

Els afloraments en el sector urbanitzat de l'àrea d'estudi són força reduïts a causa de l'elevat grau d'ocuoació i a la presència de reblliments que els recobreixen. Els afloraments estudiats es localitzen a l'entrada del poble, a la carretera, per exemple sota el Restaurant la Sala de Can Sabaté i en petits afloraments dispersos situats al voltant del Centre Cívic. Aquesta unitat s'ha detectat en els sondatges indicats a la taula 34.

Taula 34. Distribució de la unitat Pmb en els sondatges realitzats

Unitat Pml	
Sondatge	Profunditat (m)
SR-01	11,4-18
SR-02	5,5-7,8
SR-03	0,7-6,6

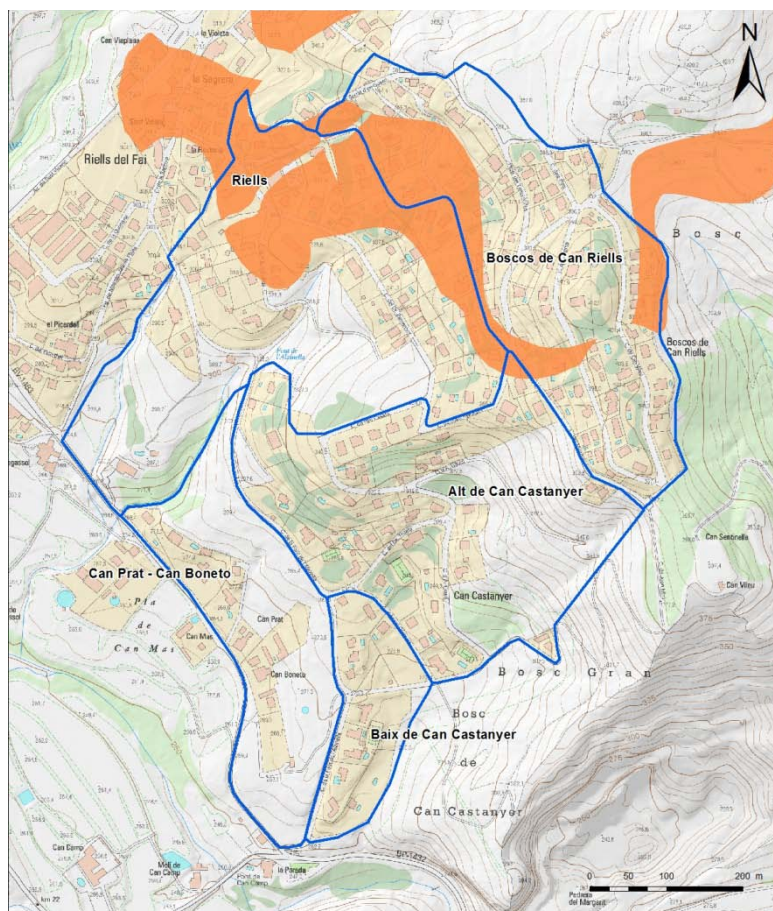


Figura 20. Distribució de la unitat Pml

### Classificació geotècnica, d'estat i identificació

Des del punt de vista de comportament geotècnic el tram alterat de la unitat presenta un comportament de sòl molt compacte-dur, mentre que el conjunt no alterat és de roca tova. Presenta un contingut en fins ( $\% < 0.08 \text{ mm}$ ) molt alt amb un valor mig de 82,3%, una humitat natural mitjana del 17,5%, una densitat seca de  $1,76 \text{ g/cm}^3$  i una densitat aparent de  $2,07 \text{ g/cm}^3$  (taula 35). Segons la classificació USCS corresponen a CL, CH, MH i GM-GC (taula 35 i taula 36).

Taula 35. Assaigs d'identificació de la unitat Pml

Assaig	Nombre d'assaigs	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Humitat natural (%)	15	14,6 - 21,1	17,5	1,90
Densitat seca ( $\text{g/cm}^3$ )	5	1,57 - 1,93	1,76	0,13
Densitat aparent ( $\text{g/cm}^3$ )	5	1,90 - 2,22	2,07	0,11

Assaig	Nombre d'assaigs	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
% <5mm	11	66 - 100	96	10,46
% <2mm	11	56 - 100	93	13,78
% <0.4mm	11	47,0 - 99,9	89,3	17,54
% <0.08mm	11	36,3 - 96,1	81,7	18,92
Límit líquid (%)	16	22 - 68	50	14,14
Límit plàstic (%)	16	16 - 35	27	7,05
Índex de plasticitat (%)	16	6 - 33	23	8,03

Taula 36. Classificació USCS de la unitat Pml.

Classificació USCS	Núm. de mostres	Percentatge (%)
CL	5	31
CH	2	13
MH	8	50
GM-GC	1	6

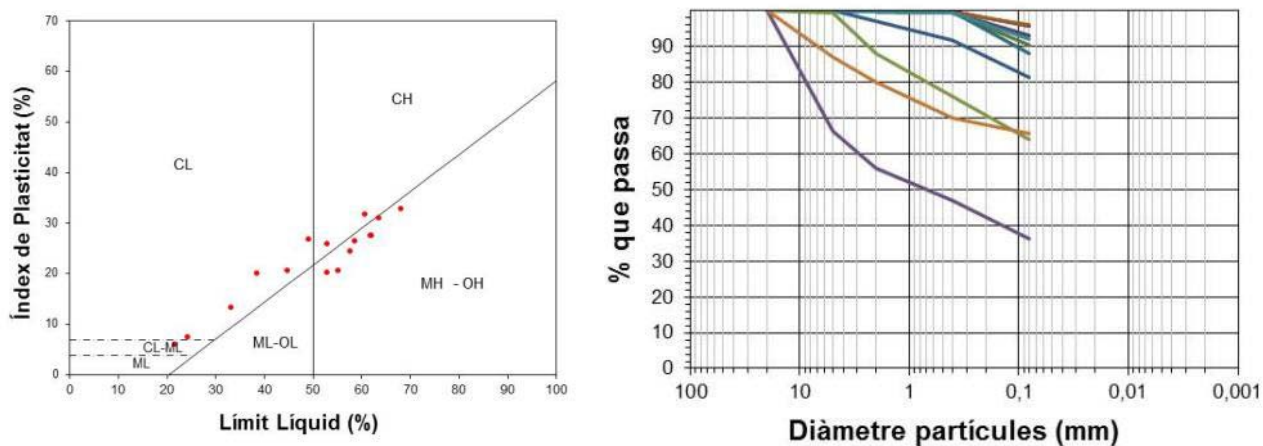


Figura 21. Gràfic de Casagrande i distribució de la granulometria de la unitat Pml

### Caracterització de la resistència

Es disposen de 16 assaigs SPT i mostres inalterades (MI) realitzats durant la present campanya i en els treballs previs (figura 22). Els valors de  $N_{spt}$  se situen entre 22 i rebuig amb una mitjana de

60 que es pot correlacionar amb una consistència *dura*, excepte pels trams més meteoritzats on la consistència és de *compacte a molt compacte*.

Valors NSPT	Nombre d'assais	Percentatge (%)
0-4	0	0
5-10	1	6
11-15	0	0
16-20	0	0
21-25	2	11
26-30	1	6
31-35	2	11
36-40	2	11
41-45	1	6
46-50	1	6
>50	8	44
Total	18	100

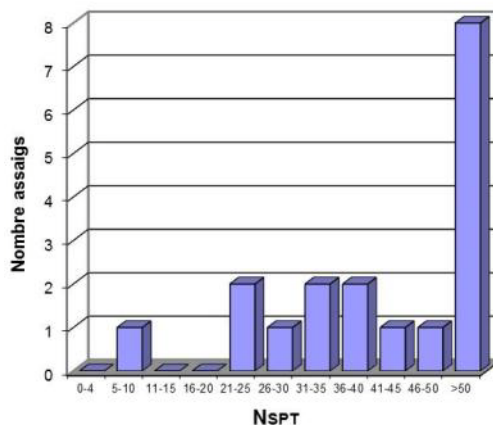


Figura 22. Distribució dels valors Nspt dels assais de penetració estàndard a la unitat Pml.

Per a caracteritzar la resistència de la unitat Pml es disposa de 5 assais de compressió simple i de 6 assais de tall directe consolidat i drenat, dels que s'han obtingut els valors següents (taula 37).

Taula 37. Assais de resistència a compressió simple de la unitat Pml.

Assaig	Nombre d'assais	Paràmetre	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Compressió simple	5	R. comp. simple $q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	1,10-6,83	4,49	2,26
		Deformació $\delta$ (%)	2,2 - 3,8	3,0	0,68
Tall directe consolidat i drenat (CD)	6	Cohesió $C'$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,31 - 1,32	0,69	0,42
		Angle de freg. $\phi'$ (°)	18 - 25	21	2,40
		Cohesió residual $C_r$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,14 - 0,34	0,21	0,08
		Angle de freg. residual $\phi_r$ (°)	11 - 18	14	2,82

A partir dels valors de la resistència a la compressió simple i de la pressió límit dels assais pressiomètrics, s'ha estimat el valor de la resistència al tall sense drenatge ( $C_u$ ) a partir de les relacions bibliogràfiques existents (taula 38):

Taula 38. Valors de resistència al tall sense drenatge pel tram alterat de la unitat Pml

Paràmetre	Correlació assaig	Nombre d'assaigs	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Resistència al tall sense drenatge Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Compressió simple*	5	0,55-3,41	2,24	1,13
	Pressiòmetre tipus OYO**	1	--	2,80	--

## Expansivitat

S'han realitzat també assaigs relacionats amb l'inflament dels materials. Segons els assaigs disponibles (taula 39), es tracta de materials amb un grau d'expansivitat entre mig i alt (Grau III).

Taula 39. Assaigs d'inflament de la unitat Pml

Assaig	Nombre d'assaigs	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard	
Pressió d'inflament (kg/cm <sup>2</sup> )	7	0,50 - 4,00	1,86	1,18	
Inflament lliure (%)	7	0,19 - 7,14	4,06	2,50	
Assaig Lambe	Índex inflament (MPa)	5	0,06 - 0,37	0,20	0,12
	Canvi pot. de volum (%)	3	1,18 - 8,50	4,86	3,00

## Caracterització química

S'han realitzat assaigs químics per analitzar l'agressivitat del material al formigó amb els següents resultats (taula 40).

Taula 40. Assaigs químics de la unitat Pml

Assaig	Nombre d'assaigs	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Matèria orgànica (%)	0	0,00	0,00	-
Sulfats (%)	2	0,002 - 0,007	0,005	0,00
Carbonats (%)	0	0,00	0,00	-
Sals (%)	4	0,020 - 0,390	0,155	0,17
Guix (%)	4	0,030 - 0,133	0,081	0,05
Acidesa Baumann-Gully (ml/kg)	1	1,0	1,0	-

### Caracterització geofísica

Dels resultats dels perfils de tomografia sísmica realitzats, s'han obtingut els següents paràmetres dinàmics per a la unitat Pml (taula 41, figura 23):

Taula 41. Paràmetres dinàmics de la unitat Pml.

Paràmetre	Valor mig	Valor màxim	Valor mínim	Desviació estàndard
Mòdul de tall G (MPa)	125,4	246,4	53,1	68,5
Mòdul elàstic E (MPa)	361,1	722,4	150,7	204,8
Mòdul de compressibilitat K (MPa)	1273,6	3512,9	273,9	1249,6

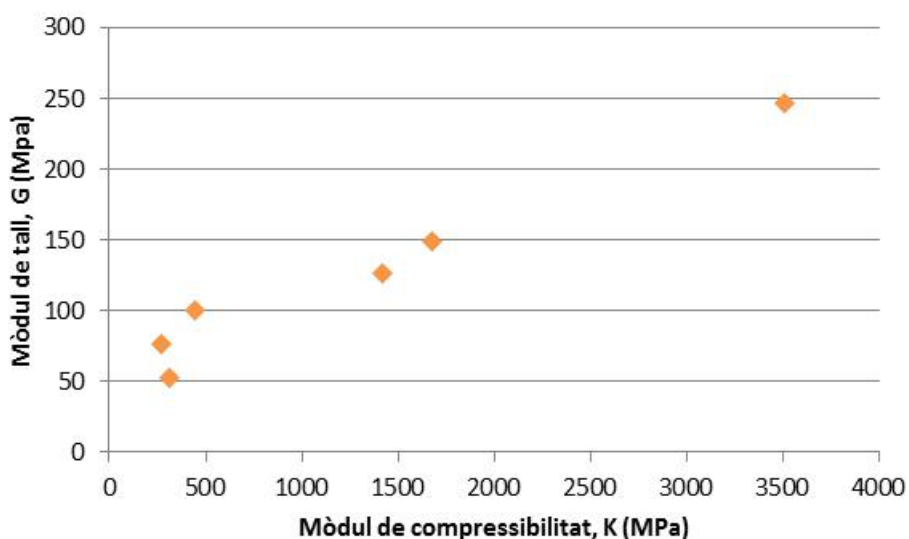


Figura 23. Distribució dels mòduls de tall (G) i compressibilitat (K) dinàmics per a la unitat Pml

### Paràmetres de càlcul

En funció de les dades que s'ha exposat s'ofereix un quadre resum amb les principals característiques geotècniques de la unitat Pml (taula 42).

Taula 42. Pml, Paràmetres geotècnics de càlcul.

Paràmetre	Valor característic	Valoració
Humitat natural ( $w_n, Pml$ )	17,5 %	--
Densitat seca ( $\gamma_d, Pml$ )	1,76 gr/cm <sup>3</sup>	--
Densitat natural ( $\gamma_n, Pml$ )	2,07 gr/cm <sup>3</sup>	--
% <0,08mm	82,3%	CL (80%), CL-ML (20%)
N <sub>SPT</sub>	60	--
Límit líquid ( $w_L, Pml$ )	50,0%	--
Índex de plasticitat ( $IP, Pml$ )	23 %	Argiles plàstiques
Compressió simple ( $q_u, Pml$ )	4,5 kg/cm <sup>2</sup>	Consistència dura
Cohesió efectiva ( $c', Pml$ )	0,69 kg/cm <sup>2</sup>	--
Angle de fregament efectiu ( $\phi', Pml$ )	21°	--
Cohesió residual ( $c_r, Pml$ )	0,21 kg/cm <sup>2</sup>	--
Angle de fregament residual ( $\phi_r, Pml$ )	14°	--
Cohesió no drenada ( $C_u, Pml$ )	0,90 kg/cm <sup>2</sup>	--

#### 4.1.6 Unitat Pvlc

La unitat geotècnica Pvlc correspon a la unitat geològica Pv de la cartografia geològica 1:10.000 de la zona i dels perfils geològic i geotècnics longitudinals. Es tracta d'una alternança de lutites vermelles i canals de conglomerats. Les lutites són massives presenten carbonatacions i són similars a les de la unitat Pml. Els conglomerats habitualment són clast-suportats. Els clastes són subarrodonits, de mida d'ordre centimètrica a decimètrica. La composició dels clastes fonamentalment és de roques carbonàtiques mesozoiques. La matriu dels conglomerats és lutífic-sorrenca i de color vermell. La unitat també inclou capetes de gresos, generalment fins, intercalats entre les lutites. S'estima que el gruix total de la unitat és d'uns 90-100 metres. El cabussament general és cap al NW. A l'àmbit del poble la unitat està afectada per plecs suaus i falles de poc salt. Cap al NW, als cingles, té un cabussament més constant d'uns 5 ° cap al nord-oest.

A l'àmbit d'estudi els afloraments de la unitat es localitzen a l'extrem septentrional (figura 24). En aquest sector les lutites vermelles-taronges i els conglomerats es poden observar en alguns talussos dels carrers i rebaixos associats a les construccions. Aquesta unitat no s'ha travessat en cap dels sondatges realitzats.

L'alteració físico-química de la unitat en superfície dóna lloc a uns sòls lutítics amb graves disperses. S'estima que el gruix d'aquests materials d'alteració difícilment supera els dos metres de gruix. Des del punt de vista de comportament geotècnic aquesta unitat presenta un comportament de sòl, i en base a les observacions de camp s'estima, des d'un punt de vista geotècnic, que es tracta d'una unitat constituïda per sòls mitjans, en què els sediments fins tenen una compacitat de *compacta a molt compacta* i els sediments granulars tenen una consistència de *mitjana a densa*. S'ha realitzat un assaig d'inflament dels materials. Segons aquest (taula 43) el grau d'expansivitat és baixa (Grau I).

Taula 43. Assaigs d'inflament de la unitat Pv<sub>lc</sub>

Assaig		Nombre d'assaigs	Valor
Assaig Lambe	Índex inflament (MPa)	1	0,037
	Canvi pot. de volum (%)	1	0,64

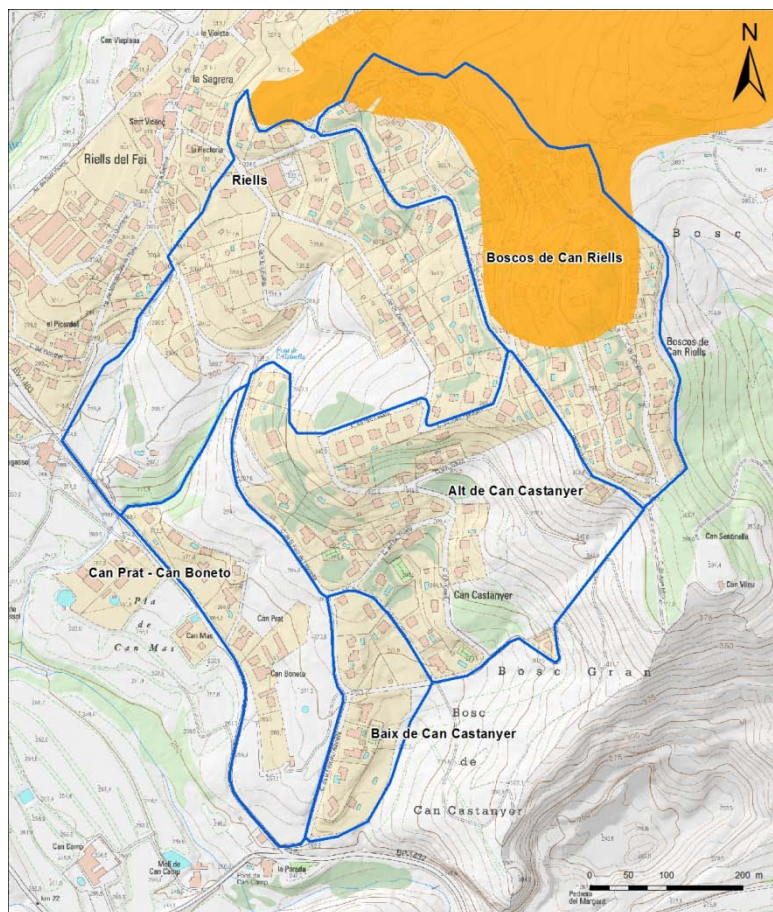


Figura 24. Distribució de la unitat Pv<sub>lc</sub>

#### 4.1.7 Unitat QPac\_bgsi

La unitat geotècnica QPac\_bgsi correspon a la unitat geològica QPac de la cartografia geològica. És formada per blocs, graves, sorres, llims i argiles. A la base són dominants els blocs i les graves heteromètriques subrodades de calcàries, pissarres, granitoides i quars, amb la matriu formada per llims i argiles sorrenques marrons. Per sobre hi ha una alternança de graves com les abans descrites, argiles marrons o vermelloses amb abundants graves disperses i llims sorrencs. Els dos o 3 metres superiors estan gairebé sempre dominats per llims. Als trams de llims són abundants els nòduls carbonatats d'origen edàfic que arriben a formar crostes. El gruix de la unitat és variable, difícilment supera els 15 metres. Nombrosos afloraments posen de manifest que, lateralment, el gruix de la unitat pot variar significativament.

La unitat reposa discordantment damunt els dipòsits prequaternaris i queda seccionada per la xarxa hidrogràfica actual.

La unitat, dins l'àmbit, es localitza en el sector occidental i meridional. Es destaquen bon afloraments en el talús que hi ha a la part baixa del carrer Font de l'Alzinella o al talús que queda a l'est de l'esplanada del Carrer Mossèn Jaume Plans.

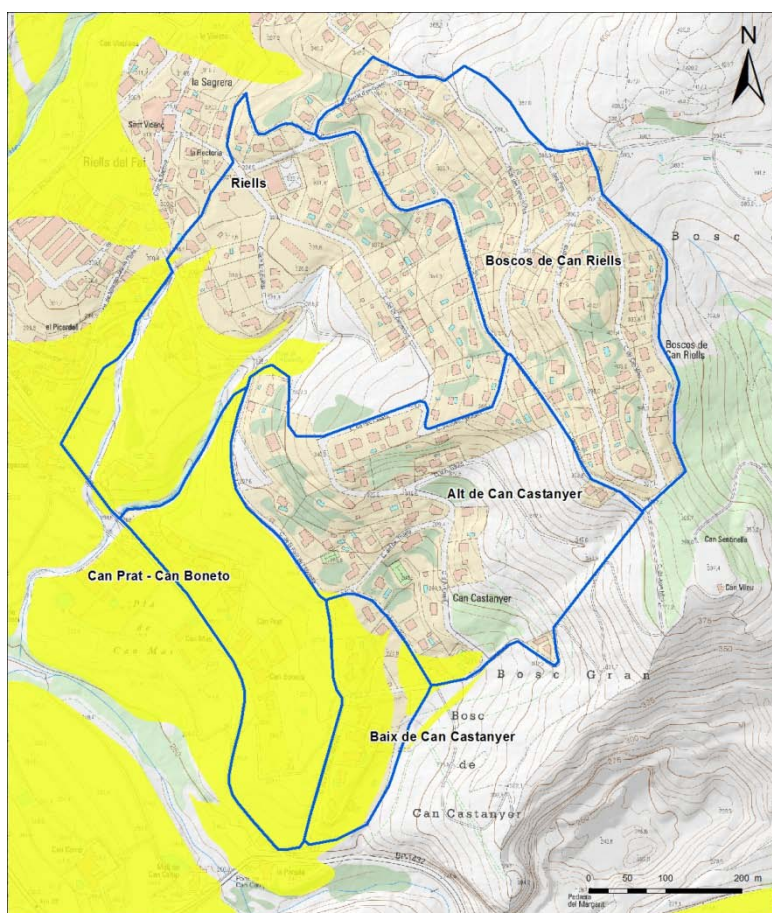


Figura 25. Distribució de la unitat QPac\_bgsi

Assenyalar que els dipòsits QPac\_bgsi que reposen a la falda dels vessants bàsicament corresponen a fàcies col·luvials, i no és difícil confondre'ls amb dipòsits d'aquest mateix tipus de fàcies, però més recents, que cobreixen el substrat prequaternari. Aquesta unitat s'ha detectat en els següents sondatges:

Taula 44.- Distribució de la unitat Pmb en els sondatges realitzats

Unitat Qpa_bgsi	
Sondatge	Profunditat (m)
SR-02	0,001-5,5
SR-04	0,2-1,1
SR-06	4-6,6
SR-13	0,1-10,4
SR-14	0,001-8

### Classificació geotècnica, d'estat i identificació

Des del punt de vista de comportament geotècnic la unitat presenta un comportament de sòl, i en base a les observacions i assajos realitzats in situ s'estima que des d'un punt de vista geotècnic es tracta d'una unitat constituïda per sòls mitjans, en què els sediments fins tenen una consistència de ferma a molt ferma i els sediments granulars tenen una compacitat de mitjana a densa. El seu color varia entre marró a vermell marronós. Es disposa dels següents assaigs d'identificació (taula 45) realitzats sobre mostres representatives.

Taula 45. Assaigs d'identificació de la unitat QPac\_bgsi

Assaig	Nombre d'assaigs	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Humitat natural (%)	1	13,0	13,0	-
Densitat seca (g/cm <sup>3</sup> )	1	1,80	1,80	-
Densitat aparent (g/cm <sup>3</sup> )	1	2,03	2,03	-
% <5mm	5	69 - 100	88	11,78
% <2mm	5	59 - 100	82	14,86
% <0.4mm	5	53,1 - 98,0	75,2	16,33
% <0.08mm	5	42,3 - 94,2	63,3	19,41

Assaig	Nombre d'assaigs	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Límit líquid (%)	5	21 - 39	28	7,43
Límit plàstic (%)	5	14 - 22	17	3,09
Índex de plasticitat (%)	5	7 - 17	11	4,89

Els assaigs disponibles indiquen que la unitat QPac\_bgs1 té una humitat natural del 13,0 %, una densitat seca de 1,80 g/cm<sup>3</sup> i una densitat aparent de 2,03 g/cm<sup>3</sup>. Presenta un contingut en fins (<math>%<0.08\text{ mm}</math>) alt amb un valor mig de 63,3%. Segons la classificació USCS corresponen a CL, CL-ML i GC (taula 46 i figura 26).

Taula 46. Classificació USCS de la unitat QPac\_bgs1.

Classificació USCS	Núm. de mostres	Percentatge (%)
CL	3	60
CL-ML	1	20
GC	1	20

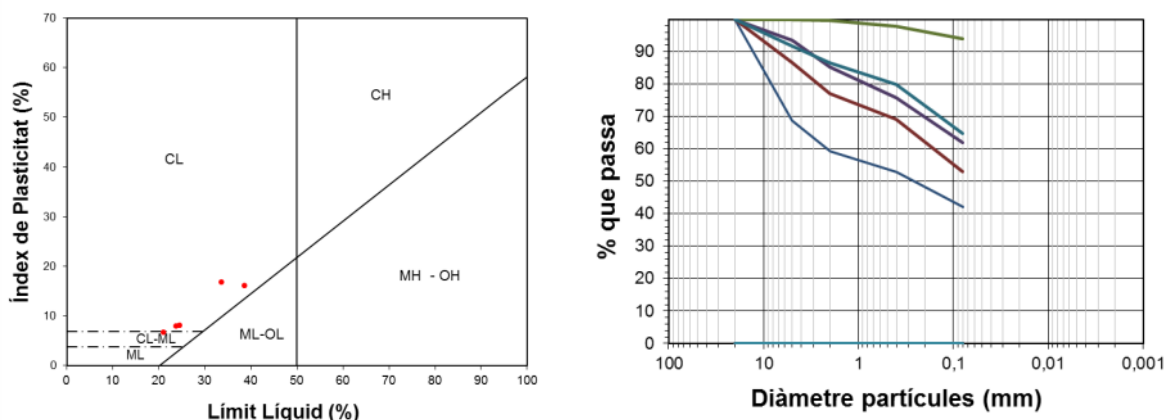


Figura 26. Gràfic de Casagrande i distribució de la granulometria de la unitat QPac\_bgs1.

### Resistència i deformabilitat

Es disposen de 7 assaigs SPT i 1 mostres inalterades (MI) realitzats durant la present campanya i en els treballs previs (figura 27). Els valors de  $N_{spt}$  se situen entre 15 i rebuig amb una mitjana de 54.

Valors NSPT	Nombre d'assaigs	Percentatge (%)
0-4	0	0
5-10	0	0
11-15	1	14
16-20	0	0
21-25	0	0
26-30	1	14
31-35	1	14
36-40	0	0
41-45	1	14
46-50	0	0
>50	3	43
Total	7	100

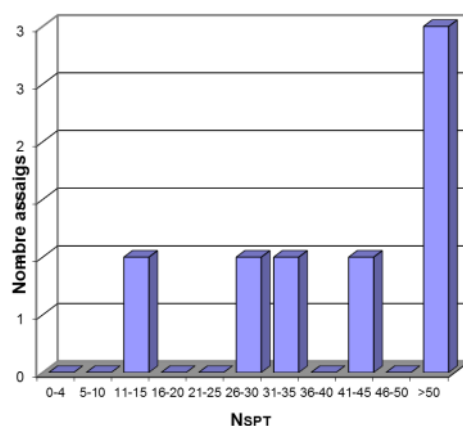


Figura 27. Distribució dels valors N<sub>spt</sub> dels assaigs de penetració estàndard a la unitat QPac<sub>bgsl</sub>.

Per caracteritzar la resistència dels trams més argilosos es disposa d'1 assaig de compressió simple (taula 47).

Taula 47. Assaig de resistència a compressió simple de la unitat QPac<sub>bgsl</sub>.

Assaig	Nombre d'assaigs	Paràmetre	Valors
Compressió simple	1	R. comp. simple $q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	5,52
		Deformació $\delta$ (%)	4.93

A partir dels valors de la resistència a la compressió simple, i de la pressió límit dels assaigs pressiomètrics, s'ha estimat el valor de la resistència al tall sense drenatge (Cu) a partir de les relacions bibliogràfiques existents (taula 48).

Taula 48. Valors de resistència al tall sense drenatge per a la unitat QPac<sub>bgsl</sub>.

Paràmetre	Correlació assaig	Nombre d'assaigs	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Resistència al tall sense drenatge Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Compressió simple	1	--	2,26	--
	Pressiòmetre tipus OYO	2	4,29 - 5,31	4,80	0,72

A nivell de deformabilitat, s'han obtingut els següents valors de mòduls de deformació, tenint en compte els assaigs de compressió simple i els assaigs pressiomètrics realitzats (taula 49).

Taula 49.- Mòduls de deformació determinat per a la unitat QPac\_bgsI

Paràmetre	Valors extrems*	Valor mig	Desviació estàndard
Mòdul elàstic E (kg/cm <sup>2</sup> )	771,12 – 1470,64	1120,88	431,10
Mòdul de tall G (kg/cm <sup>2</sup> )	296,62 – 565,59	494,63	190,19

\*els valors més elevats corresponen al pressiòmetre realitzat en el sondatge SR-06, on la unitat QPac, tenia un percentatge és elevat de grava. Per contra, els valors més baixos corresponen al sondatges SR-13, on la unitat QPac, tenia una fracció més elevada d'argila.

### Expansivitat

S'han realitzat també assaigs relacionats amb l'inflament dels materials. Segons els assaigs disponibles (taula 50), es tracta de materials amb un grau d'expansivitat de molt baix i mig (Grau I i II).

Taula 50. Assaigs d'inflament de la unitat QPac\_bgsI

Assaig	Nombre d'assaigs	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Pressió d'inflament (kg/cm <sup>2</sup> )	1	--	0,00	-
Inflament lliure (%)	1	--	0,00	-
Assaig Lambe	Índex inflament (MPa)	0,04 - 0,12	0,08	0,05
	Canvi pot. de volum (%)	0,69 - 2,68	1,69	1,41

### Caracterització geofísica

Dels resultats dels perfils de tomografia sísmica realitzats, s'han obtingut els següents paràmetres dinàmics per a la unitat QPac\_bgsI (taula 51, figura 28).

Taula 51. Paràmetres dinàmics de la unitat Tm2Ig

Paràmetre	Valor mig	Valor màxim	Valor mínim	Desviació estàndard
Mòdul de tall G (MPa)	236,4	594,6	85,5	139,5
Mòdul elàstic E (MPa)	640,4	1653,7	249,0	363,5

Paràmetre	Valor mig	Valor màxim	Valor mínim	Desviació estàndard
Mòdul de compressibilitat (MPa) K	1400,2	4560,5	173,9	984,9

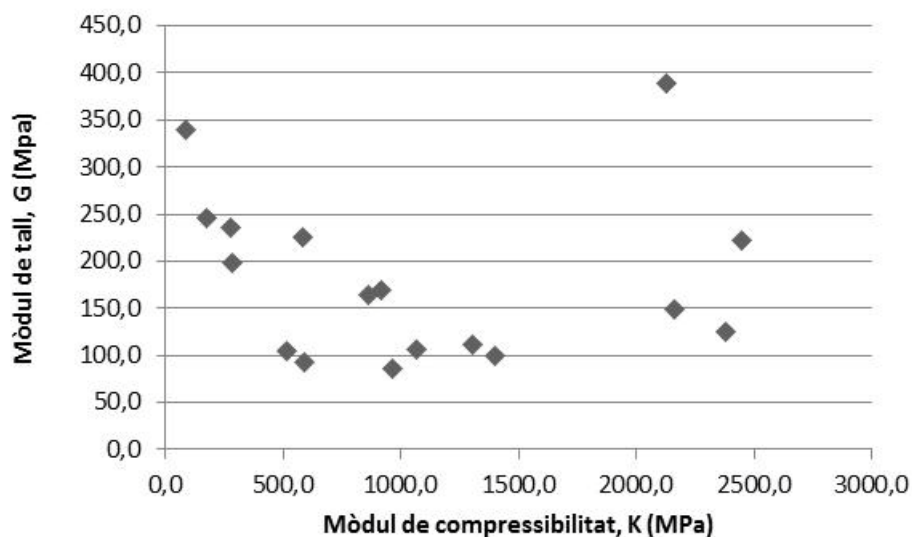


Figura 28.- Distribució dels mòduls de tall (G) i compressibilitat (K) dinàmics per a la unitat QPac\_bgsI

### Paràmetres de càlcul

En funció de les dades que s'ha exposat s'ofereix un quadre resum amb les principals característiques geotècniques de la unitat QPac\_bgsI (taula 52).

Taula 52. QPac\_bgsI, Paràmetres geotècnics recomanats.

Paràmetre	Valor característic	Valoració
Humitat natural ( $w_n$ , QPac_bgsI)	13,0 %	--
Densitat seca ( $\gamma_d$ , QPac_bgsI)	1,80 gr/cm <sup>3</sup>	--
Densitat natural ( $\gamma_n$ , QPac_bgsI)	2,03 gr/cm <sup>3</sup>	--
% <0,08mm	63,3%	CL (60%), CL-ML (20%)
N <sub>SPT</sub>	54	--
Límit líquid ( $w_L$ , QPac_bgsI)	28,0%	--
Índex de plasticitat ( $IP$ , QPac_bgsI)	11 %	Plasticitat baixa
Compressió simple ( $q_u$ , QPac_bgsI)	5,5 kg/cm <sup>2</sup>	--

#### 4.1.8 Unitat QHt<sub>0</sub>\_gsla

La unitat geotècnica QHt<sub>0</sub>\_gsla correspon a la unitat geològica QHt<sub>0</sub> de la cartografia geològica. És formada principalment per sediments actuals de llera dels torrents i recs que drenen les aigües de la part alta del poble de Riells al riu Tenes. El gruix és d'ordre decimètric. Cal assenyalar que les lleres naturals dins l'àmbit d'estudi estan molt antropitzades (canalitzades, soterrades i modificades). No es estrany la presència de materials d'origen antròpic de naturalesa variada a causa d'aquest elevat grau d'activitat antròpica. En la campanya actual, aquesta unitat no ha estat travessada en cap del sondatges realitzats.

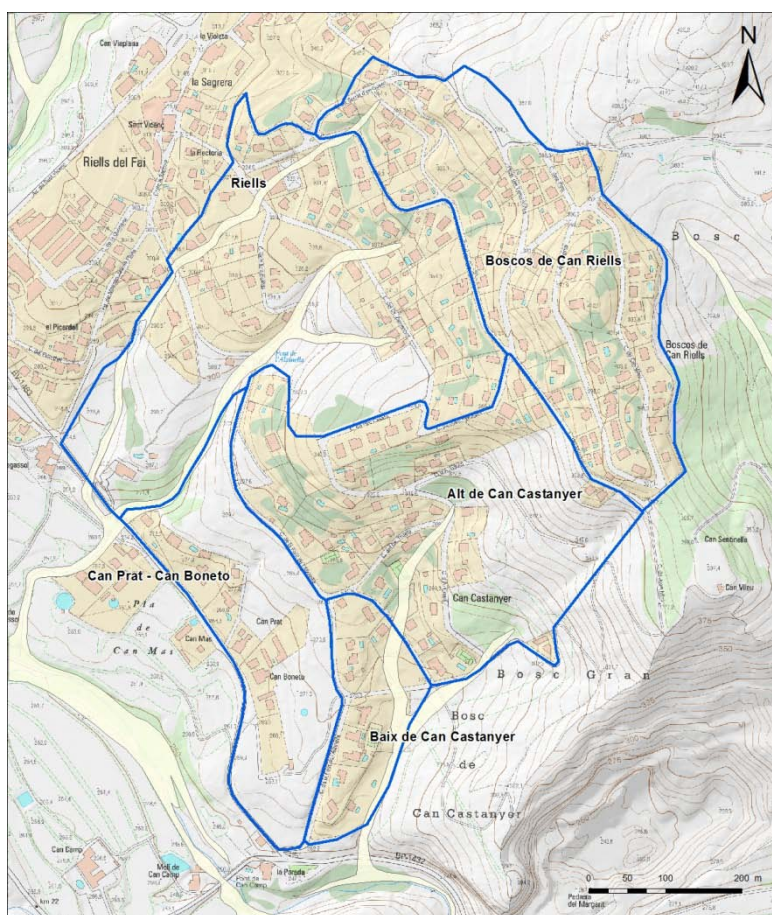


Figura 29. Distribució de la unitat QHt<sub>0</sub>\_gsla.

#### Caracterització geotècnica, d'estat i identificació

La caracterització geotècnica s'ha realitzat a partir de les dades recopilades, i en concret de l'estudi geotècnic realitzat per la construcció del Centre Cívic. Des del punt de vista de

comportament geotècnic aquesta unitat presenta un comportament de sòl flux i tou (sediments no consolidats). Es disposa dels següents assaigs d'identificació (taula 53) realitzats sobre mostres representatives.

Taula 53. Assaigs d'identificació de la unitat QTH<sub>0</sub>\_gsla.

Assaig	Nombre d'assaigs	Valors extrems	Valor mig	Desviació estàndard
Humitat natural (%)	3	10,2 - 14,9	12,9	2,44
% <20mm	1	80	80	-
% <5mm	1	59	59	-
% <2mm	1	49	49	-
% <0.4mm	1	38,4	38,4	-
% <0.08mm	1	31,7	31,7	-
Límit líquid (%)	2	26 - 33	29	5,02
Límit plàstic (%)	2	16 - 16	16	0,57
Índex de plasticitat (%)	2	10 - 16	13	4,45

Els assaigs disponibles indiquen que la unitat QTH<sub>0</sub>\_gsla té una humitat natural del 12,9 %. Presenta un contingut en fins (%<0.08 mm) alt amb un valor baix de 31,7%. Segons la classificació USCS corresponen a CL i GC (figura 30).

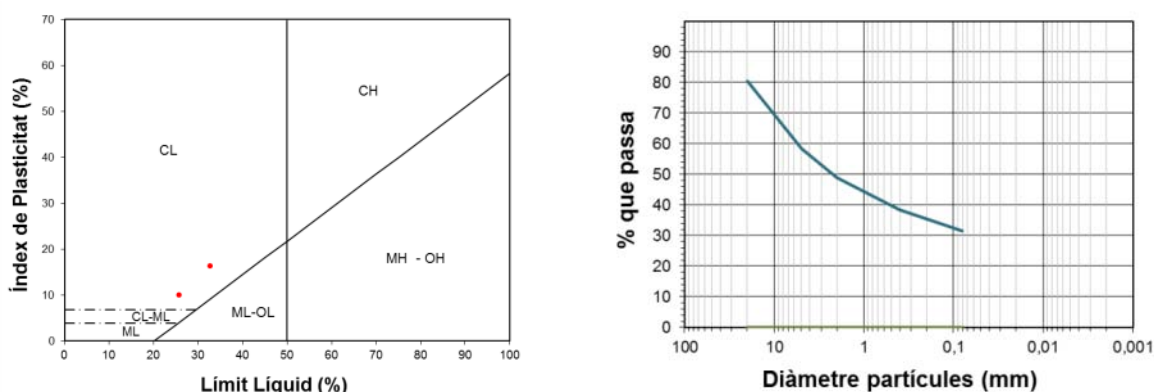


Figura 30. Gràfic de Casagrande i distribució de la granulometria de la unitat QTH0\_gsla.

### Resistència i deformabilitat

Es disposen de 3 assaigs SPT (figura 31). Els valors de  $N_{spt}$  se situen entre 23 i rebuig amb una mitjana de 74 que segons bibliografia (comportament granular) es pot correlacionar amb una compacitat molt densa.

Valors NSPT	Nombre d'assaigs	Percentatge (%)
0-4	0	0
5-10	0	0
11-15	0	0
16-20	0	0
21-25	1	33
26-30	0	0
31-35	0	0
36-40	0	0
41-45	0	0
46-50	0	0
>50	2	67
Total	3	100

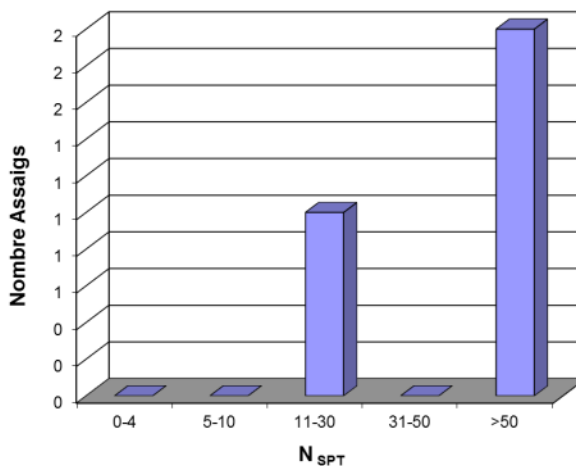


Figura 31. Distribució dels valors  $N_{spt}$  dels assaigs de penetració estàndard a la unitat QTH0\_gsla.

### Paràmetres de càlcul

En funció de les dades que s'ha exposat s'ofereix un quadre resum amb les principals característiques geotècniques de la unitat QHt0\_gsla (taula 54).

Taula 54. QTH0\_gsla, Paràmetres geotècnics recomanats

Paràmetre	Valor característic	Valoració
Humitat natural ( $w_n$ , QTH0_gsla)	12,9 %	--
% <0,08mm	31,7%	CL (50%), GC (50%)
N <sub>SPT</sub>	74	--
Límit líquid ( $w_L$ , QTH0_gsla)	29,0%	--
Índex de plasticitat ( $IP$ , QTH0_gsla)	13 %	Plasticitat baixa

#### 4.1.9 Unitat R

La unitat geotècnica R correspon a la unitat antròpica R de la cartografia geològica de síntesis 1:5.000 de la zona i dels perfils geològic i geotècnics longitudinals. Són dipòsits antròpics, molt heterogenis, que corresponen a runams i rebliments indiferenciats, provinents majoritàriament dels moviments de terra de la urbanització de l'àmbit (obertura de carrers i excavacions a les parcel·les). El gruix és d'ordre mètric, estimant-se inferior als 4 m. Aquests es troben en 4 situacions ben diferenciades:

- Acopis en parcel·les no urbanitzades.
- Runams de vessant.
- Terraplenaments baixos de carrers, generalment de mitja vessant.
- Rebliments relacionats amb les edificacions.

## 5 Patologies en edificació

### 5.1 Introducció

L'informe elaborat per l'IGC el 2013, va identificar i recollir diversos tipus de patologies presents als sectors estudiats tant en les construccions com en els carrers de la zona d'estudi (esquerdes, bombaments, enfonsaments, girs, etc.). En el cas de les construccions, aquestes patologies afecten als habitatges principals, edificacions annexes (garatges, porxos, etc.) murs de tancament perimetral i piscines. Mitjançant un treball d'inspecció visual i enquesta personal es va poder establir la intensitat de dany per a 71 edificacions que es va recollir en fitxes específiques, en les quals es va descriure el tipus i la severitat de les patologies que presentaven segons la classificació de Burland (taula 55).

Taula 55. Classificació de danys visibles amb referència a la facilitat de la reparació, Escala de Burland (1977).

Intensitat del dany	Descripció de dany típics	Esquerdes (mm)
0 No apreciable	Fissures i esquerdes de menys de 0,1mm	<0,1
1 Molt Lleuger	Fissures i esquerdes que poden ser tractades amb enguixat. Fissures aïllades en parets de totxana	<1
2 Lleuger	Esquerdes fàcilment reparables que probablement precisin enguixat. 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
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 de fissures > 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 numero de 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

### 5.2 Sectorització de l'àmbit d'estudi

Com s'ha comentat anteriorment d'estudi s'han definit diversos sectors de l'àmbit degut a la variabilitat en els contextos tant geomorfològics com geològics observats i en el nombre d'habitatges que presenten patologies destacables, factors tots ells que condicionaran el futur anàlisi.

En aquest punt es presenta una descripció detallada dels mateixos, amb les principals característiques geomorfològiques i geològiques i amb una relació dels habitatges amb patologies inventariades.

*Figura 32: Àrea d'estudi delimitada per sectors on s'inclouen els edificis inventariats amb patologies.*

*Nota : No figuren en el present estudi els emplaçaments exactes ni el plànol dels edificis inventariats amb patologies per tal de complir amb la Llei de Protecció de dades.*

### 5.2.1 Riells del Fai.

El sector de Riells del Fai està situat al nord-oest i central de l'àmbit d'estudi i inclou una antiga masia actualment en ruïnes i el nou Centre Cívic.

Seguint la màxima pendent del vessant en sentit sud-oest, el sector es troba travessat per dos torrents que s'ajunten en el límit sud del sector abans de tributar amb el Tenes, ja fora del sector. Actualment, part del curs d'aquests torrents es troba canalitzat i/o soterrat per la urbanització. La font de l'Alzinella brolla prop de la part central del sector.

Els pendents majoritaris del vessant tenen una orientació general en sentit sud-oest, amb valors inferiors a 20° i només s'identifiquen pendents superiors a 35° en les zona més alta així com en el límit sud-oest, coincidint amb la zona on més s'incideixen els dos torrents, a tocar amb la carretera BV-1483.

Geològicament queden ben diferenciades dues meitats. La meitat superior on el substrat geològic, per sota d'un mantell discontinu i de gruix irregular de col·lúvió, està constituïda per materials paleocens: lutites vermelles (Pml) majoritàries per sobre una capa de bretxes cimentades basals (Pmb). Per sota i de forma discordants el Triàsic, majoritàriament calcàries i dolomies (Tm3cd). La meitat inferior està constituïda per dipòsits de vessant quaternaris (QPac\_bgs) recolzats de manera discordant sobre el mesozoic amb algun aflorament puntual de lutites i gresos vermells (Tm2lg).

Els habitatges inventariats en aquest sector, són els següents (taula 56):

*Taula 56: Habitatges inventariats en els sector de Riells del Fai*

Codi	Adreça	Intensitat de dany	Edat construcció*
*	*	3	2005
*	*	1	1980
*	*	2	1973
*	*	2	1977

Codi	Adreça	Intensitat de dany	Edat construcció*
*		0	1970
*		2	1945
*		2	1978
*		3	1961
*		2	1969
*		0	1971
*		3	1982
*		1	1975
*		2	1963
*		3	1900
*		2	2006
*		2	2003
*		3	1979
*		2	1967
*		1	1961
*		0	1930

\* segons dades de la Direcció General del Catastro

Nota : No figuren en el present estudi els emplaçaments exactes dels edificis inventariats amb patologies per tal de complir amb la Llei de Protecció de dades.

### 5.2.2 Sector Alt de Can Castanyer

Aquest sector engloba part de l'àrea central i el costat SE de l'àrea d'estudi en el qual s'hi situen gran quantitat de edificacions. Forma un vessant que en la meitat nord i més elevada, varia l'orientació de NW-SE al l'extrem de ponent i gira a WSW-ENE a la zona central i torna a girar a NW-SE el costat de llevant del sector. El costat més al sud té una morfologia en forma de petita vall regida pel solc d'una torrentada que baixa en direcció SW. Aquest torrent actualment es troba totalment cobert per carrers i finques.

Aquest sector té pendents generals força elevats i superiors a 20°, amb abundants punts superiors a 35° i només s'identifiquen zones planeres amb pendents inferiors a 10° que corresponen a explanacions i terraplenats per l'anivellació de finques i carrers.

La major part de la superfície d'aquest sector, per sota d'un mantell discontinu i de gruix irregular de col·luvió, està constituït per un substrat de lutites vermelles i gresos triàsiques (Tm2lg). En una

franja de la part més alta, al extrem nord, hi trobem les calcàries i dolomies triàsiques (Tm3cd) que formen un petit espadat o una franja amb els pendents més elevats que ressegueix la morfologia del vessant. Només en un petit punt de l'extrem sud i a cota més baixa, hi tenim uns dipòsits quaternaris (QPac\_bgsl) per sobre del substrat amb suficient entitat per ser cartografiats.

Els habitatges inventariats en aquest sector, són els següents (taula 57):

*Taula 57: Habitatges inventariats en els sector de Alt de Can Castanyer*

<b>Codi</b>	<b>Adreça</b>	<b>Intensitat de dany</b>	<b>Edat construcció*</b>
		2	1968
		2	1973
		3	1969
		4	1966
		2	2003
		0	2006
		2	2005
		1	2007
		2	2000
		1	1994
		2	1978
		2	1970
		1	1969
		1	1986
		1	2000
		2	1976
		2	1986
		1	2000
		1	2000
		2	1980
		1	1971
		1	2006
		2	2007
		2	2007

\* segons dades de la Direcció General del Catastro

Nota : No figuren en el present estudi els emplaçaments exactes dels edificis inventariats amb patologies per tal de complir amb la Llei de Protecció de dades.

### 5.2.3 Sector Baix de Can Castanyer

Aquest sector és una àrea petita situada a l'extrem sud de l'àrea d'estudi. El vessant que baixa amb un pendent d'entre 6 i 20° en la meitat superior i de 20 i 45° a la meitat inferior i en direcció entre SSW i SSE.

S'identifica un petit solc torrencial en direcció sud i provinent del sector alt de can Castanyer.

La geologia predominant en quasi tot el sector són els dipòsits col·luvials quaternaris (QPac\_bgs1) amb litologies molt variades i que es caracteritza per què s'hi identifiquen grans blocs d'ordre mètric. Les lutites vermelles amb gresos subjacents es poden trobar en una petita àrea a l'extrem nord del sector.

Els habitatges inventariats en aquest sector, són els següents (taula 58):

Taula 58: Habitatges inventariats en els sectors de Baix de Can Castanyer

Codi	Adreça	Intensitat de dany	Edat construcció
		0	1990
		2	1970
		2	1968
		3	1962
		2	1975

\* segons dades de la Direcció General del Catastro

Nota : No figuren en el present estudi els emplaçaments exactes dels edificis inventariats amb patologies per tal de complir amb la Llei de Protecció de dades.

### 5.2.4 Boscos de Can Riells

Els Boscos de can Riells constitueixen la part topogràficament més alta i situada a l'extrem nord est de l'àrea d'estudi. La major part del pendent del vessant té una direcció de SW tot i que en els seus extrems més a llevant assoleix la seva màxima alçada canviant de vessant i en direcció E. Els pendents superiors a 30° hi són molt abundants tot i que s'observen tallats pels carrers pavimentats i només són inferiors en les superfícies més altes del relleu i en els seus extrems més del nord.

No s'hi observa cap curs torrencial significatiu.

Els dos terços de més al nord del sector estan constituïts per materials paleocens (Pml i Pmb) que limiten mitjançant un encavalcament amb els triàsics (Tm2lg i Tm3cd) aflorant en l'extrem situat més al sud. Per sobre pot cobrir un mantell de col·luvió discontinu i de gruix variable.

Els habitatges inventariats en aquest sector, són els següents (taula 59):

*Taula 59: Habitatges inventariats en els sector de Bocos de Can Riells*

<b>Codi</b>	<b>Adreça</b>	<b>Intensitat de dany</b>	<b>Edat construcció*</b>
		1	1999
		1	1960
		0	1978
		0	2009
		2	1970
		0	2008
		1	2002
		2	1974
		1	2004
		3	2006
		1	1974
		1	1974
		1	1980
		2	1997
		1	1997
		2	1967

*\* segons dades de la Direcció General del Catastro*

Nota : No figuren en el present estudi els emplaçaments exactes dels edificis inventariats amb patologies per tal de complir amb la Llei de Protecció de dades.

### 5.3 Can Prat-Can Boneto

Constitueix una franja situada a l'extrem sud oest de l'àrea d'estudi, entre el carrer de la Font de l'Alzinella i la BV-1483. Destaca que bona part de la seva superfície no es troba urbanitzada. La direcció del pendent del vessant és de SW i només superen els 30° de forma puntual tot i que ho fan de manera majoritària en l'extrem situat més al nord, on limita amb el curs d'un torrent, molt proper a la Font d'Alzinella.

El substrat geològic està constituït per dipòsits quaternaris (QPac\_bgs1) amb gruix variable però que pot ser considerable. Es caracteritza per què s'hi identifiquen grans blocs d'ordre mètric.

Els habitatges inventariats en aquest sector, són els següents (taula 60):

Taula 60: Habitatges inventariats en els sector de Can Prat-Can Boneto

Codi	Adreça	Intensitat de dany	Edat construcció*
		2	1942

\* segons dades de la Direcció General del Catastro

Nota : No figuren en el present estudi els emplaçaments exactes dels edificis inventariats amb patologies per tal de complir amb la Llei de Protecció de dades.

### 5.4 Valderrós

Valderrós és una àrea petita situada a escassos metres a l'exterior de l'extrem nord de l'àrea estudiada. Té un suau pendent en direcció NW.

En els treballs de cartografia geològica que l'ICGC ha realitzat per al Mapa per a la Prevenció dels Riscos Geològics (MPRG) a escala 1:25000<sup>1</sup>, s'ha identificat en aquesta zona una antiga esllavissada que afectaria els materials de la unitat Pml, de manera que el sector de Valderrós estaria damunt dels materials del dipòsit de l'esllavissada.

Els habitatges inventariats en aquest sector, són els següents (taula 61):

Taula 61: Habitatges inventariats en els sector de Valderrós

Codi	Adreça	Intensitat de dany	Edat construcció*
		2	1950

<sup>1</sup> Full 364-1-2 (73-28) de la Garriga no editat, actualment en fase de producció.

		4	1980
--	--	---	------

\* segons dades de la Dirección General del Catastro

Nota : No figuren en el present estudi els emplaçaments exactes dels edificis inventariats amb patologies per tal de complir amb la Llei de Protecció de dades.

## 5.5 Anàlisi de les edificacions

Segons la *Dirección General del Catastro (Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas)* en l'àmbit de la zona d'estudi, hi ha un total de 300 construccions registrades. La tipologia d'edificació predominant és la de construcció aïllada a 4 vents tipus xalet o torre. Tenint en compte que el conjunt d'habitatges recollits a les fitxes és de 71, això suposa al voltant d'un 24% respecte del total que consten en el Cadastre. Si Creuem les dades de patologies recollides amb les del cadastre s'obtenen els següents valors per a cada sector:

- Alt de Can Castanyer: amb un total de 24 habitatges inventariats correspon al 52% del total del sector. D'aquests habitatges, un 31% corresponen a habitatges de tenen un dany igual o superior a 2 (entre lleuger i sever)<sup>2</sup>.
- Baix de Can Castanyer: amb un volum total de 5 habitatges inventariats correspon al 56% del total del sector. D'aquests habitatges, un 44% corresponen a habitatges de tenen un dany igual o superior a 2 (entre lleuger i sever)
- Riells del Fai: amb un volum total de 20 habitatges inventariats correspon al 34% del total del sector. D'aquests habitatges, un 24% corresponen a habitatges de tenen un dany igual o superior a 2 (entre lleuger i sever)
- Boscos de Can Riells: amb un volum de 16 habitatges inventariats correspon al 21% del total del sector. D'aquests habitatges, només un 7% corresponen a habitatges de tenen un dany igual o superior a 2 (entre lleuger i sever)
- Can Prat-Can Boneto: només consta 1 habitatge inventariat que correspon al 8% del total del sector i amb un dany igual o superior a 2 (entre lleuger i sever)
- Vallderrós: aquest sector només contempla 2 habitatges, que presenten un dany igual o superior a 2.

---

<sup>2</sup> Es considera per a tots els sectors, que els habitatges dels que no es disposa de la fitxa facilitada als propietaris, és perquè no presenten patologies o aquestes no són prou significatives (intensitat de dany igual a 0 o 1).

Per tal d'establir altres possibles relacions de les edificacions amb el grau de dany determinat en l'informe de 2013, s'ha realitzat un buidatge de les dades disponibles del cadastres. Aquestes dades utilitzades en l'anàlisi corresponen als següents paràmetres:

- Any de construcció
- Tipologia de construcció
- Nombre de plantes
- Presència o no de soterrani

Analitzant l'evolució de la zona d'estudi en funció de l'edat de construcció de les edificacions, s'observen dues etapes de fort creixement urbanístic, corresponents 1965-1980 i 1997-2012, mentre que entre els anys 1780-1964 i 1981-1996, corresponen a períodes de creixement més lent (figura 33 i figura 34).

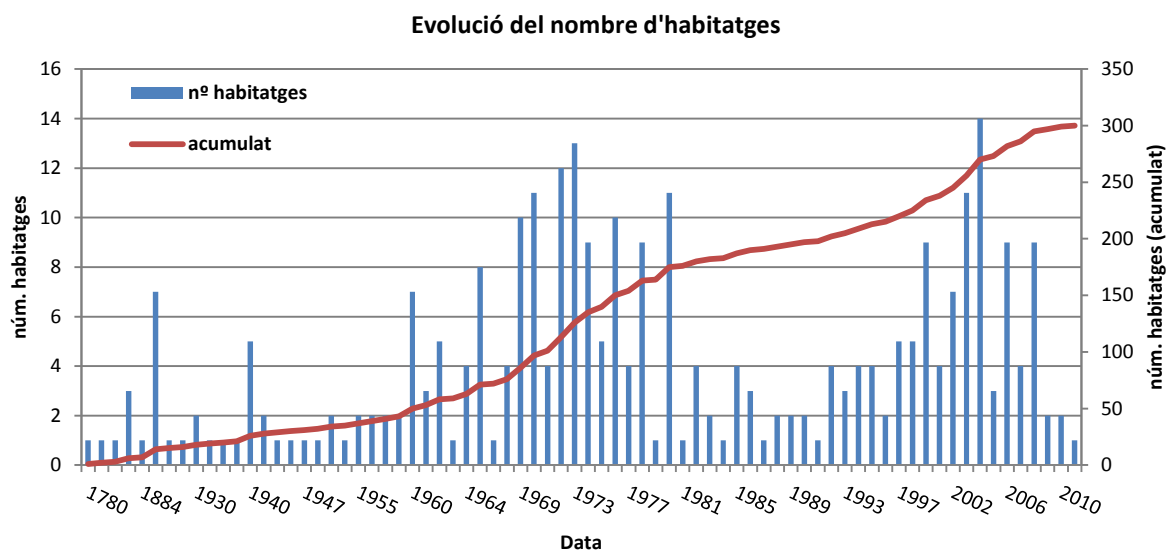


Figura 33: Evolució de la construcció numero d'habitatges als sectors estudiat

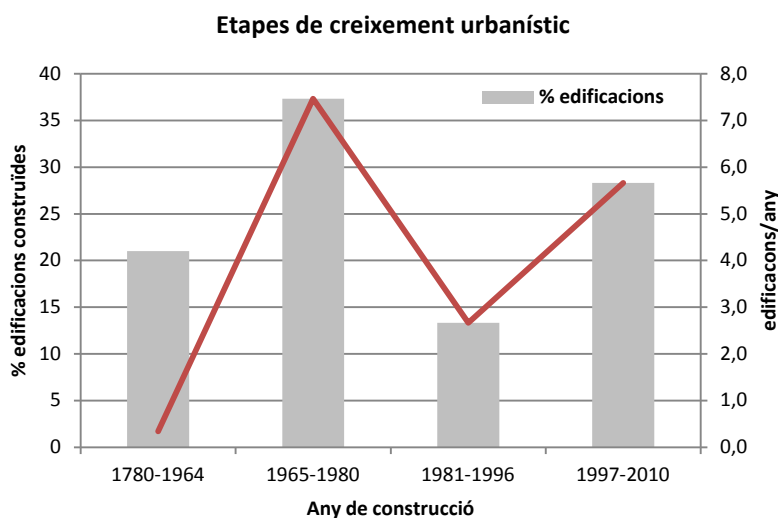


Figura 34: Distribució en percentatge de les edats de construcció dels habitatges que consten en el cadastre

## 5.6 Distribució de les patologies

Considerant els intervals de temps exposats en la figura 34 s'han agrupat els habitatges de les 71 fitxes de l'inventari de patologies (IGC, 2013), obtenint uns percentatges similars als de la població total (figura 35).

El tractament de les dades obtingudes de les fitxes ha permès identificar que la majoria dels habitatges analitzats, un 86%, es troben afectats per una intensitat de dany entre 0 i 2, segons l'escala de Burland (no apreciable-lleuger), mentre que un 14% presentarien una intensitat de dany entre intensitat entre 3 i 4 (moderat – sever) (figura 36).

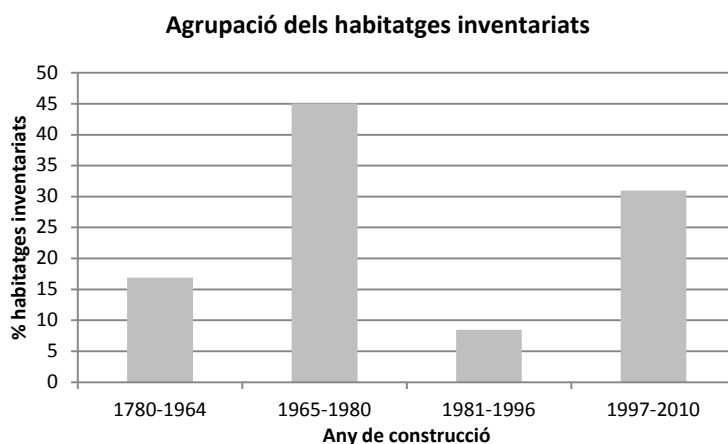


Figura 35: Distribució en percentatge de les edats de construcció dels habitatges inventariats (71)

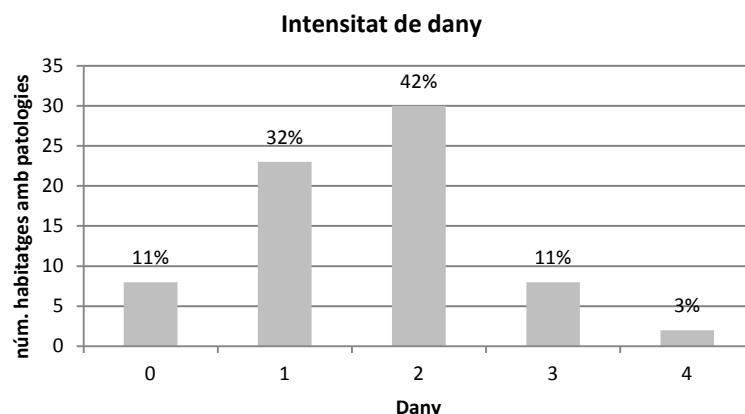


Figura 36: Distribució en percentatge d'intensitat de dany dels habitatges inventariats (71)

Analitzant aquestes dades en funció de l'edat de les edificacions, s'observa que els habitatges construïts entre el 1980 i el 1996 són els que presenten una menor intensitat de danys, amb un 67% entre 0 i 1. Per contra, els habitatges construïts entre els anys 1965 i 1980, període on es dona el major creixement urbanístic, un 53 % dels habitatges presenten una intensitat de danys lleu, igual a 2. La intensitat de dany més severa, correspon als habitatges més antics, on un 25% dels inventariats presenta un dany entre 3 i 4 (figura 37). Amb tot, cal considerar que aquestes dades poden ser lògiques i entrar dins de la normalitat tenint en compte les edats de construcció, els mètodes constructius de cada època i la qualitat dels materials.

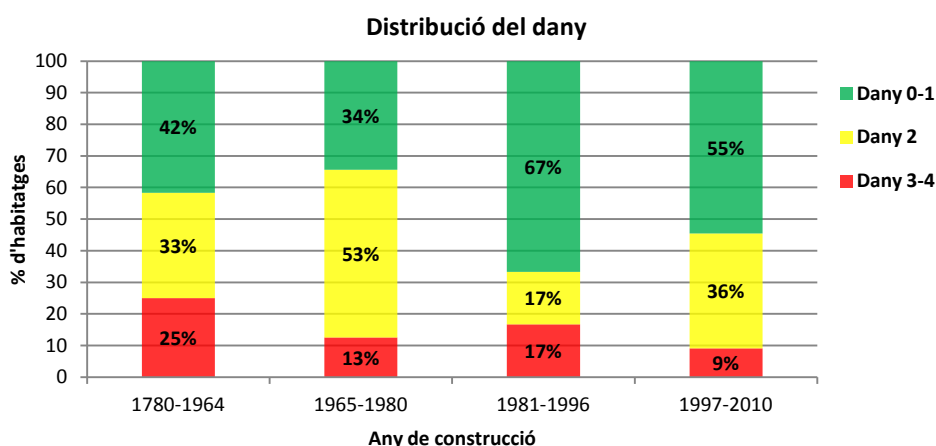


Figura 37: Distribució en percentatge d'intensitat de dany respecte l'any de construcció, pels habitatges inventariats.

Amb tot, és destacable que només un 55% dels habitatges que es troben dins del període 2000-2009, no presenta patologies significatives (dany entre 0 i 1), mentre que un 36% presenta una intensitat de dany 2 i un 9% d'intensitat 3-4 (figura 38). Aquest fet és remarcable, ja que en aquest període entren en vigor tant la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) (RD 38/1999, de 5 de

novembre), com el Còdigo Tècnic de Edificació (CTE) (RD 314/2006 de 17 de març), que regulen, entre d'altres, tant la realització d'un estudi geotècnic que determini les propietats del terreny on es preveu fonamentar i detecti l'existència de materials o situacions susceptibles de generar patologies, com les exigències que han de complir els edificis en relació als requisits bàsics de seguretat i habitabilitat establerts en la LOE.

Aquestes dades fan valorar, per tant, l'existència d'un o diversos factors diferents als fenòmens naturals observats (reptacions i processos d'expansivitat) com a causants de l'aparició d'aquest elevat percentatge d'edificacions amb patologies. Paral·lelament, aquesta anàlisi també es podrà realitzar tant en els murs com en les estructures annexes als habitatges, carrers, etc.

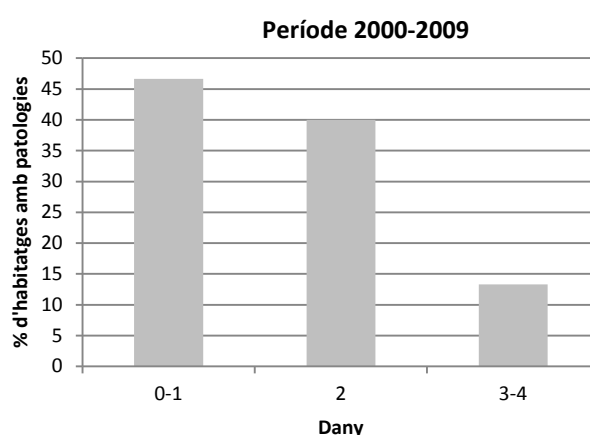


Figura 38: Distribució en percentatge d'intensitat de dany en els habitatges construïts entre el 200 i el 2009.

En relació a la tipologia constructiva, no s'ha observat una relació entre la intensitat de dany o del volum d'edificacions afectades. Tampoc no s'han pogut establir relacions amb el nombre de plantes construïdes o si presenten planta soterrani.

### 5.6.1 Anàlisi per sectors

Dels sectors de formen l'àmbit d'estudi, s'han analitzat els que tenen una mostra de població més significativa respecte del total de l'inventari realitzat (figura 39). En aquest sentit, degut al reduït nombre de dades disponibles no s'ha realitzat aquest anàlisi en els sectors següents: Baix de Can Castanyer, Can Prat-Can Boneto i Vallderros. Per tant, l'anàlisi se centrarà en els sectors Alt de Can Castanyer, Boscos de Can Riells i Riells del Fai (figura 40).

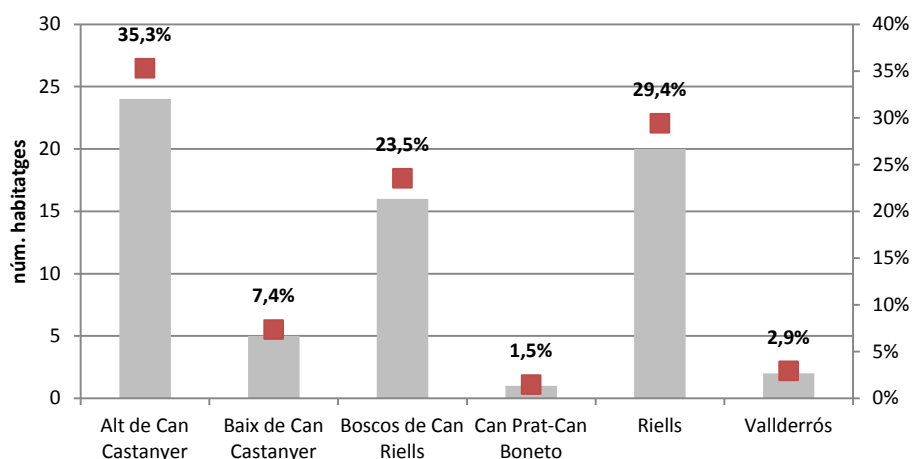


Figura 39: Habitatges inventariats per cada sector considerat i percentatge respecte el total

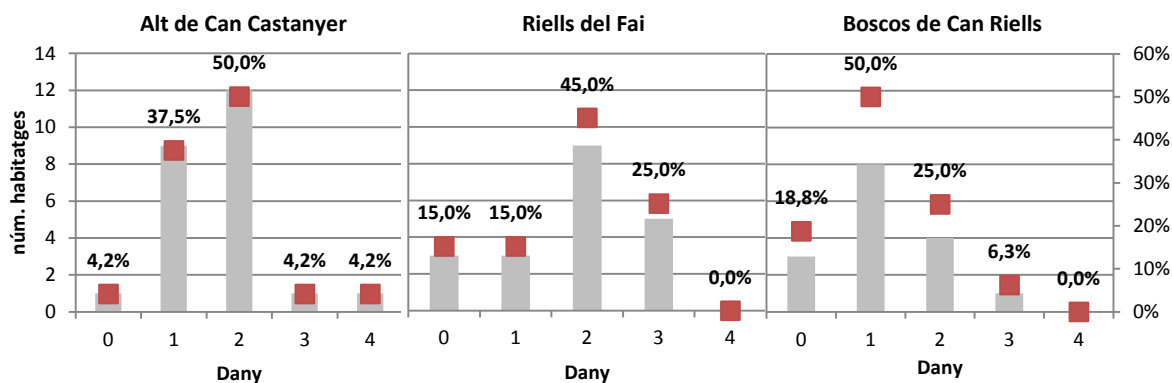


Figura 40: Distribució de la intensitat de dany pels sectors considerats, amb el percentatge corresponent dins de cada sector

En el cas dels sectors Alt de Can Castanyer i Riells, més del 50% dels habitatges inventariats tenen alguna patologia rellevant, i d'aquests, el sector de Riells és el que presenta més habitatges amb patologies amb intensitat de dany entre moderades i greus, amb un 25% dels inventariats (figura 41).

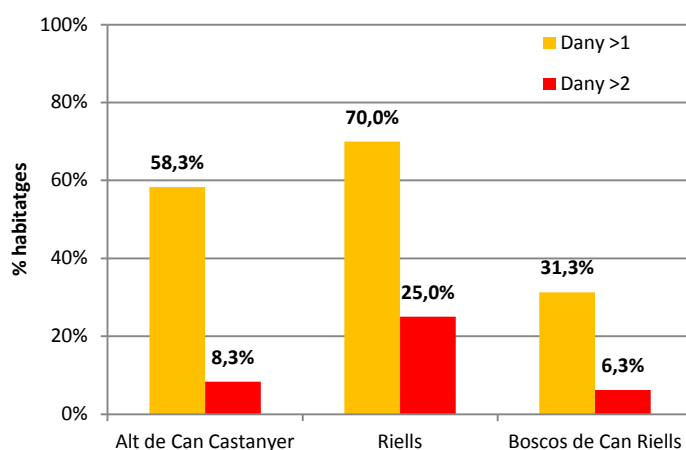


Figura 41: Distribució del percentatge d'habitatges que tenen una intensitat de dany superior a 1 (lleuger, moderat i sever) i superior a 2 de (moderat i sever), per a cada sector considerat

## 5.6.2 Casos particulars

Del llistat d'habitatges de l'inventari de fitxes, hi ha 11 edificacions que presenten una intensitat de dany més elevada (3-4). L'origen de les patologies tant en els aquests habitatges com en les construccions annexes és divers, per bé que en alguns els casos no ens ha estat possible conèixer el fenomen desencadenant (taula 62).

Taula 62. Habitatges inventariats amb una intensitat de dany entre moderada i severa (3-4).

Sector	Codi	Adreça	Any construcció	Intensitat de dany	Litologia	Causa patologies*
Riells del Fai			1979	3	Pml	Desconegut
			1961	4	Pml	Desconegut
				3	Pml	Desconegut
			2005	3	QPac	Fonamentació sobre reblliments
Vallderrós			1980	4	Pml**	Expansivitat / fonamentació sobre reblliments
Baix de Can Castanyer			1962	3	QPac	Sense fonamentació / possible reblliment
Alt de Can Castanyer			1969	3	Tm2	Error constructiu

Sector	Codi	Adreça	Any construcció	Intensitat de dany	Litologia	Causa patologies*
			1966	4	Tm2	Desconegut
Boscós de Riells			2006	3	Tm3	Desconegut

\* Segons dades facilitades pel propietari

\*\* La litologia correspon a un dipòsit d'esllavissada format per argiles de la unitat Pml

**Nota :** No figuren en el present estudi els emplaçaments exactes dels edificis inventariats amb patologies per tal de complir amb la Llei de Protecció de dades.

D'aquests habitatges se'n destaquen 3, de les quals el fenomen actuant no ha quedat establert, en els quals les patologies observades presenten una clara tendència a incrementar-se. Aquests habitatges s'han instrumentat amb fissurímetres per tal d'obtenir un registre de l'evolució de les esquerdes més importants, com a mesura indirecta dels moviments del terreny (veure punt 1.2.6. *Instrumentació geotècnica*).

- [Cas Particular 1](#)
- [Cas Particular 2](#)
- [Cas Particular 3](#)

### 5.6.2.1 Cas Particular 1

#### Introducció

Aquest habitatge es va construir en una primera fase entre els anys 1961 a 1966, consistent en un planta baixa entorn als 100m<sup>2</sup> i un garatge semisoterrat d'entorn als 30m<sup>2</sup>, aprofitant el desnivell cap a la part posterior, de manera que, la part davantera de la planta baixa es troba recolzada sobre el terreny natural i la part posterior es recolza sobre el garatge. L'habitatge presenta una orientació oest, sud-oest. Posteriorment l'any 1986, es va modificar l'edificació amb l'ampliació del garatge semisoterrat uns 30-40m<sup>2</sup>, i a al damunt, l'ampliació de la planta baixa entorn als 40-60m<sup>2</sup>. També es construeix la piscina i s'enjardina tota la part oest de la parcel·la.

La parcel·la té un desnivell d'uns 10 m entre l'entrada i el final de la parcel·la, amb una longitud de 6.5 m i un pendent mitjà d'uns 8.5°.

#### Patologies

A partir de l'any 2000 van començar a aparèixer les primeres patologies. Entre els anys 2006 i 2008 les esquerdes s'acceleren i també s'esquerden paviments de jardí, tanques i el mur de

rocalla posterior a la zona de piscina. Les patologies es concentren sobretot a la part superior de l'estructura, en la unió entre la part antiga i la part ampliada de l'habitatge, on s'observen desplaçaments horitzontals importants de fins a 4 cm. Aquestes esquerdes travessen tota l'estructura transversalment a separant físicament la part antiga de la nova. En menor nombre i magnitud, a la part davantera de l'edifici, s'observen esquerdes que el propietari qualifica com a cícliques i que tendeixen a obrir-se i a tancar-se.

A la zona del porxo de la part posterior de l'habitatge, els pilars presenten patologies que es corresponen amb esquerdes horitzontals tant la part superior, a la cara del pilar que es troba a l'interior del porxo, com a la inferior, a la cara del pilar que es troba al costat de la piscina. Aquestes patologies es poden associar a una rotació dels peus dels pilars cap al costa de la piscina, és a dir, a favor del pendent de la parcel·la.

Fora de l'estructura de l'edificació, també s'observen patologies importants en el primer mur situat abans de la piscina, en el mur de rocalla posterior a la piscina. En el cas de la piscina, aquesta no presenta patologies, tot i que sí presenta un basculament en sentit cap a l'habitatge.

En l'informe de l'IGC es va assignar per aquest habitatge una intensitat de dany 4 (*alta*).

### **Observacions**

En la parcel·la disposa d'una fossa sèptica localitzada al costat nord del solar, en la zona de pati que permet l'accés al garatge. Segons el propietari, a partir de les mesures realitzades entre els anys 2008-2009 i el 2013, es constata que presenta variacions importants en el nivell de l'aigua, de manera que es pot concloure que té pèrdues d'aigua, però també té entrades externes, ja que l'habitatge en aquests últims anys només s'ha ocupat de forma esporàdica alguns caps de setmana.

Per altra banda, l'estudi geotècnic realitzat 2009 per l'empresa ARTEG, caracteritza el terreny natural com un sòl tipus CH (segons USCS), és a dir una argila llimosa inorgànica d'alta plasticitat amb un grau d'expansivitat entre baix i mitjà.

**Nota:** Per tal de donar compliment a la Llei de Protecció de dades, no s'han posat les fotografies de l'habitatge .

*Fotografia 11: Vista de la façana sud on s'observa l'esquerda principal, reparada en diverses ocasions*

*Fotografia 12: Esquerdes presents en els pilars del porxo, amb un fissurímetre instal·lat.*

*Fotografia 13: Mur de rocalla situat a la part mitja de la parcel·la. S'observen dues esquerdes importants en la zona de la pèrgola que indiquen un desplaçament en sentit del pendent*

### 5.6.2.2 Cas Particular 2

#### Introducció

Aquest habitatge es va construir l'any 1979 i consta d'un semisoterrani (garatge) i una planta baixa, amb uns 90 m<sup>2</sup> en planta edificats, amb orientació sud-oest. L'accés es realitza a través d'una rampa d'uns 25 m que ascendeix des del carrer cap a l'edifici principal, amb un desnivell d'uns 6 m. A la part posterior de la parcel·la, darrera l'habitatge s'hi ubica un cobert d'uns 25 m<sup>2</sup>. El desnivell de la parcel·la està compensat amb dues plataformes limitades per dos murs, un superior de rocalla d'uns 1.4 m, on hi ha el jardí i un d'inferior, de mamposteria i formigó d'uns 4 m, que limita amb el carrer. A la plataforma inferior, s'ha fet una llosa de ciment damunt de la qual hi ha una piscina desmuntable.

La parcel·la té un desnivell total d'uns 9 m entre l'entrada i el final de la parcel·la, amb una longitud de 55 m i un pendent mitjà d'uns 9°. El lateral oest de la parcel·la limita amb la parcel·la confrontant mitjançant un mur amb una alçada creixent des del carrer, fins a assolir un desnivell màxim d'uns 5 m entre ambdues parcel·les.

#### Patologies

Es desconeix l'inici en l'aparició de patologies en aquest habitatge ja que els actuals propietaris la van adquirir de segona mà (1993) i ja presentava nombroses esquerdes.

L'habitatge presenta esquerdes importants amb obertures entre 0.5 i 1 cm en les façanes est, oest i sud (fotografia 14, fotografia 15 i fotografia 16), observables també a l'interior de la casa. S'observen tant esquerdes en diagonal com verticals, amb moviment de component vertical i horitzontal. La distribució d'aquestes esquerdes mostrarien un moviment de la part davantera de l'habitatge respecte de la part posterior.

En les bigues del porxo de la part frontal de la planta baixa (façana sud) s'observa clarament una lleugera rotació d'aquestes en sentit antihorari (fotografia 17). També s'observen patologies tant en el mur de rocalla que separa el jardí de la zona de la piscina (fotografia 18) així com en el mur lateral est, que ha patit un desplaçament d'uns 3 cm cap a la parcel·la del núm.32.

El cobert de la part posterior de la parcel·la, d'obra vista, també presenta algunes esquerdes en la seva estructura.

En l'informe de l'IGC es va assignar per aquest habitatge una intensitat de dany *alta* igual a 3.

#### Observacions

La parcel·la disposa d'una fossa sèptica, actualment en desús, i d'un dipòsit de PEAD per emmagatzemar aigua. Inicialment, es va intentar excavar una cisterna per tal d'acumular l'aigua de

pluja, però durant l'excavació es va interceptar el nivell freàtic a una profunditat d'uns 2.5 m i es va abandonar l'excavació.

L'estudi geotècnic realitzat el 2003 per l'empresa Laboratori del Vallès de Control de Qualitat, S.L., identifica un nivell de rebliment com a unitat de fonamentació a la part posterior de l'habitatge, amb una potència de fins a 4 m, mentre que la part del semisoterrani (garatge) estaria fonamentat damunt de terreny natural. Com a resultat d'aquest informe el mateix any es va realitzar un recalçament de la fonamentació de la façana posterior (nord) i de la meitat est, mitjançant un micropilonatge, del que se'n desconeix la profunditat.

Durant l'execució dels moviments de terres l'any 2006, realitzats en la parcel·la del costat oest (núm.32), es va excavar un talús d'uns 5 m d'alçada, que es va esllavissar, provocant una afectació important en la zona de la rampa d'accés de parcel·la del núm.30, que posteriorment es va reomplir amb terres i es va contenir amb un mur de formigó.

**Nota:** Per tal de donar compliment a la Llei de Protecció de dades, no s'han posat les fotografies de l'habitatge .

*Fotografia 14: Façana sud amb un fissurímetre situat en una esquerdada vertical.*

*Fotografia 15: Esquerdada vertical sota la finestra en la façana de ponent.*

*Fotografia 16: Esquerdada oberta la façana de ponent.*

*Fotografia 17: Detall de la biga del porxo on s'aprecia rotació.*

*Fotografia 18: Esquerdada oberta en la cantonada del muret de la piscina.*

### 5.6.2.3 Cas Particular 3

#### Introducció

Aquest habitatge es va construir l'any 1966 i consta d'una planta semisoterrani i una planta baixa, que presenta una ampliació de en la seva façana nord-oest, de l'any 1980, amb una orientació sud-oest.

La parcel·la queda deprimida respecte el carrer uns 5 m en l'extrem nord-oest, que va descendint fins a poder entrar a peu pla en l'extrem nord-est. Presenta un pendent general en sentit sud i sud-oest (en l'extrem oest), amb una plataforma central on es situa l'habitatge tot i que aquesta també presenta amb un lleuger pendent cap el sud-est.

En el límit oest de la parcel·la i amb uns dos metres de desnivell per sota d'aquesta plataforma s'hi troba piscina d'obra, en desús. Actualment, la piscina està situada enfront de la façana sud-est de l'habitatge, de tipus desmuntable.

La part sud de la parcel·la correspon al vessant natural i presenta un pendent general d'uns 22°, excepte en el cas de la zona de la piscina d'obra, on el pendent arriba als 47°.

## Patologies

Segons la informació facilitada pel propietari, les patologies van començar com a resultat d'una fuita d'un dipòsit d'aigua que es va trencar durant la seva instal·lació, filtrant aigua a l'interior del terreny (durant uns 10 dies) i produint l'aparició d'esquerdes en l'habitació de sobre del garatge. Per tal de corregir aquestes patologies, el mateix any, es va realitzar un recalçament de la fonamentació de l'habitatge mitjançant un micropilonatge realitzat a la façana sud-est, amb una longitud dels micropilons d'uns 6 m.

Les patologies, tornen a tenir una activitat manifesta a partir de l'any 2003-2004, afectant tant l'habitatge com la piscina. L'any 2007 es va produir un enfonsament del carrer enfront la porta d'entrada a la parcel·la (atribuït a una fuita del clavegueram) i el trencament d'un mur de contenció que limita amb la parcel·la del núm.X i que ja acumulava un desplaçament d'ordre centimètric. Aquestes patologies comencen a desenvolupar-se en acabar les obres d'urbanització del carrer (mitjans 2004).

Les patologies que s'observen a la parcel·la afecten de forma severa a la quasi totalitat dels elements constructius existents, des de l'habitatge principal, la piscina i els murs. En el cas de l'habitatge, s'observa una esquerda principal que travessa l'ala nord-oest (fotografia 20), coincidint amb l'ampliació realitzada el 1980. Aquesta esquerda acumula un desplaçament centimètric, no mesurable degut a les nombroses reparacions realitzades. Cal destacar que el porxo de la part sud de l'habitatge ha hagut de ser estintolat per evitar la seva caiguda degut a aquesta esquerda (fotografia 20 i fotografia 21). Una segona esquerda important ressegueix el terra de l'interior de l'habitatge amb forma d'S i també s'observen esquerdes menors en portes i envans. En el cas de la piscina, actualment en desús, es troba completament esquerdada i el mur exterior que ha de contenir l'empenta, està completament fracturat i descalçat. Pel que fa al mur que limita amb la parcel·la núm. 28, presenta un desplaçament superior als 20 cm, amb risc de bolcada.

En l'informe de l'IGC es va assignar per aquest habitatge una intensitat de dany *alta* igual a 4.

## Observacions

Segons el propietari, l'ampliació realitzada el 1980 es va fonamentar sobre roca.

En els diferents estudis geotècnics realitzats, es detecta un nivell de rebliment de terres amb un gruix que varia entre 1.0 i 1.5 m, seguit d'una capa d'alteració del Tm2, d'entre 0 i 2.0 m de gruix, de manera que el terreny ferm es situaria a una profunditat aproximada d'uns 3 m.

Les patologies que presenta l'habitatge, s'han continuat agreujant tot i el recalçament realitzat de la fonamentació.

A la plataforma d'entrada a la parcel·la, el 2008, l'empresa Igeotenes va realitzar un sondatge instrumentat amb un tub inclinomètric i protegit amb una arqueta, deixant-la enrasada a nivell de

terra. Actualment, l'arqueta sobresurt uns 2 cm respecte el terra i es troba descentrada al voltant d'1 cm, indicant un desplaçament del terreny cap el sud, a favor del pendent.

*Nota: Per tal de donar compliment a la Llei de Protecció de dades, no s'han posat les fotografies de l'habitatge .*

*Fotografia 19: Façana sud amb l'estintolament del porxo i una esquerda vertical que creua del sostre fins al terra.*

*Fotografia 20: Esquerda a la façana nord amb reparacions superposades.*

*Fotografia 21: Detall de l'esquerda i estintolament a la façana sud.*

## 6 Instrumentació

Per determinar la dinàmica dels moviments i les seves possibles causes s'ha instrumentat alguns elements del terreny i les edificacions. S'ha implementat un xarxa de sismòmetres amb l'objectiu de conèixer el grau de vibració de les edificacions respecte a les voladures de la cantera Margarit i si aquestes vibracions poden ser la causa o un factor agreujant de les patologies observades a les edificacions. El registre de les voladures ha permès establir una llei d'atenuació de la vibració en funció de la càrrega operant que posteriorment es pot correlacionar amb el registre històric de voladures de la cantera Margarit.

Per altra banda i tenint en compte del resultat negatiu dels inclinòmetres que al seu dia van ser instal·lar, s'ha optat per la instrumentació de les esquerdes de les cases mitjançant fissurímetres automàtics. Aquesta instrumentació que es registra en temps continu permet relacionar amb factors circumstancials tals com les pluges o les pròpies voladures ja esmentades.

### 6.1 Sismòmetres

#### 6.1.1 Introducció

Els equips utilitzats són cinc sismòmetres Minimate Plus de la casa Instantel (Figura 42). Aquests equips treballen amb un període de mostreig variable, des de 1024 a 16000 mostres per segon, tenen tres canals on s'hi connecta un geòfon triaxial amb un rang de freqüències entre 2 i 250 Hz i una resolució de 0.0159 mm/s. Tots els sismòmetres estan calibrats i, una vegada instal·lats, registren el moviment del terreny de forma contínua.



Figura 42. Fotografia del sismòmetre Instantel Minimate Plus que s'ha instal·lat a Riells del Fai: digitalitzador (esquerra) i geòfon (dreta).

A l'annex IV es mostren les fitxes de cada sismòmetre amb les característiques de l'emplaçament on s'han instal·lat i els paràmetres utilitzats durant el registre de vibracions del terreny.

Taula 63. Data instal·lació, adreça i coordenades UTM ETRS89 de la localització dels sismòmetres Instantel.

Codi	Data instal·lació	Emplaçament	XUTM	YUTM
SIS-1	14/10/2014	*	433537	4616156
SIS-2	14/10/2014	*	433540	4615794
SIS-3	14/10/2014	*	433951	4616263
SIS-4	05/05/2015	*	433949	4616249
SIS-5	04/06/2015	*	433805	4615973

\*Nota: Per tal de donar compliment a la Llei de Protecció de dades, no consten les adreces concretes.

Els registres obtinguts s'han analitzat en els dominis del temps i de les freqüències en relació al que estableix la Norma UNE 22.381, "Control de vibraciones producidas por voladuras", en relació a les vibracions del terreny induïdes per les voladures. Segons aquesta normativa el nivell de seguretat, és a dir la velocitat màxima permesa, és funció de la freqüència del pic de velocitat i de l'estructura considerada (figura 43). Així, a la Norma es defineixen tres tipologies d'edificis:

- Grup I: Estructures i naus industrials lleugeres amb estructures de formigó armat o metàl·liques.
- Grup II: Edificis d'habitatges, oficines, centres comercials i d'oci. Estructures de valor arqueològic o històric que per la seva naturalesa no presenten especial sensibilitat a les vibracions.
- Grup III: Estructures de que valor arqueològic o històric que per la seva naturalesa presenten especial sensibilitat a les vibracions.

Per exemple, per una freqüència de 10 Hz, els límits del pic de velocitat per a cada grup són els següents:

- Grup I: 20 mm/s
- Grup II: 9 mm/s
- Grup III: 4 mm/s

Els edificis que es troben a les àrees de Can Castanyer i Riells són habitatges, per tant, els límits del pic de velocitat que haurem de tenir en compte quan analitzem les vibracions del terreny són els definits pel grup II.

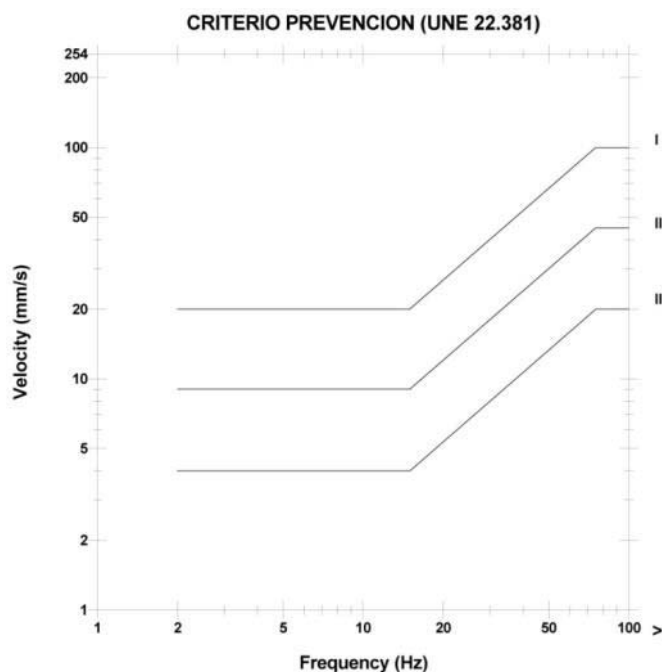


Figura 43. Criteri de prevenció UNE 22.38 per a les vibracions del terreny induïdes per voladures: límits del pic de velocitat en funció de la seva freqüència per als diferents grups d'edificis (I, II i III).

### 6.1.2 Resultats i anàlisi de les dades

La monitorització de les vibracions induïdes per voladures a les àrees de Can Castanyer i Riells es va iniciar el 14/10/2014 i ha acabat el 15/10/2015. Durant aquest període s'han detectat 15 voladures amb la xarxa de sismòmetres instal·lats, que són totes les voladures que s'han produït en el darrer any a la Pedrera de Can Margarit, sumant un total de 43 registres. De totes maneres, en la majoria de casos les vibracions induïdes per les voladures no s'han registrat a tots els sismòmetres de la xarxa, ja que el moviment del terreny no ha superat el nivell d'activació de registre del sismòmetre (triggering). S'ha descartat l'opció baixar aquest nivell d'activació per no registrar sorolls no relacionats amb les voladures, com per exemple, el pas d'una persona o d'un vehicle, el funcionament d'un motor, etc.

A la taula 64 es mostren les característiques de cada voladura, on s'observa el valor del pic de velocitat de la vibració del terreny junt amb la freqüència on s'ha produït per a cada voladura i sensor.

Taula 64. Resum dels registres de les voladures fins el dia 15/10/2015. Valors del pic de velocitat de la vibració del terreny per a cada voladura i sensor, junt amb la freqüència on s'ha produït. En negreta s'indiquen els valors màxims de la vibració del terreny obtinguts en cada emplaçament.

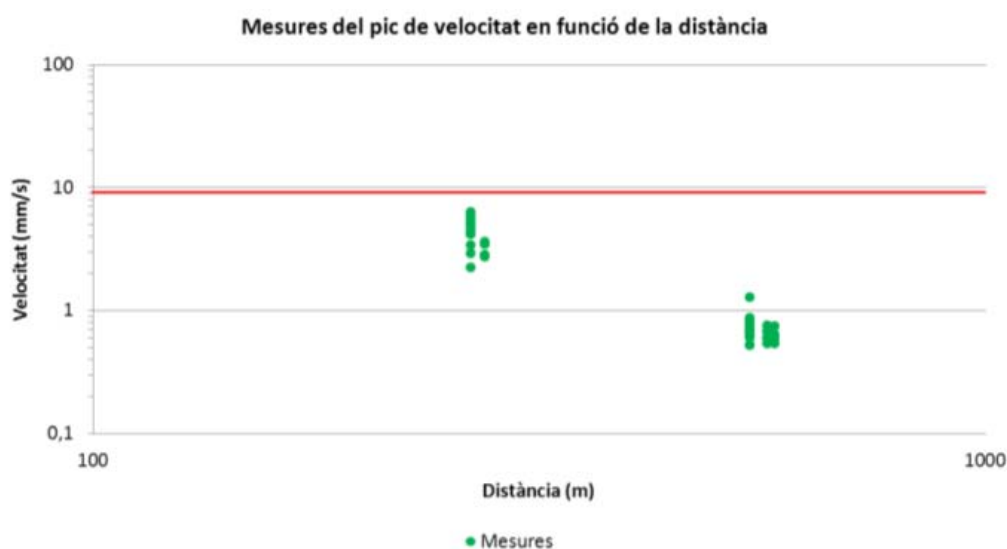
Registre	Voladura	Data	Hora	Sismòmetre	Valor pic	Freq. (Hz)
1	I	22/10/2014	12:17	SIS-2	2.91 mm/s	12
2	I	22/10/2014	12:17	SIS-3	0.54 mm/s	11
3	II	05/11/2014	14:07	SIS-1	0.83 mm/s	7
4	II	05/11/2014	14:07	SIS-2	3.41 mm/s	11
5	III	25/11/2014	11:04	SIS-1	0.65 mm/s	5
6	III	25/11/2014	11:04	SIS-2	2.24 mm/s	9
7	IV	07/01/2015	11:40	SIS-1	0.52 mm/s	8
8	IV	07/01/2015	11:40	SIS-2	4.27 mm/s	12
9	V	04/02/2015	13:04	SIS-1	0.603 mm/s	7
10	V	04/02/2015	13:04	SIS-2	4.25 mm/s	12
11	VI	19/02/2015	12:28	SIS-1	0.714 mm/s	6
12	VI	19/02/2015	12:28	SIS-2	<b>6.27 mm/s</b>	23
13	VII	12/03/2015	13:00	SIS-1	0.619 mm/s	7
14	VII	12/03/2015	13:00	SIS-2	5.14 mm/s	10
15	VIII	07/04/2015	10:37	SIS-1	0.762 mm/s	7
16	VIII	07/04/2015	13:37	SIS-2	4.14 mm/s	11
17	IX	04/05/2015	10:00	SIS-1	0.698 mm/s	8
18	IX	04/05/2015	10:00	SIS-2	4.89 mm/s	17
19	X	01/06/2015	12:48	SIS-1	0.778 mm/s	6
20	X	01/06/2015	12:48	SIS-3	<b>0.635 mm/s</b>	6
21	X	01/06/2015	12:48	SIS-4	<b>0.762 mm/s</b>	10
22	XI	15/06/2015	12:08	SIS-1	0.524 mm/s	9
23	XI	15/06/2015	12:08	SIS-2	4.62 mm/s	23
24	XI	15/06/2015	12:08	SIS-4	0.603 mm/s	12
25	XI	15/06/2015	12:08	SIS-5	2.83 mm/s	32

Registre	Voladura	Data	Hora	Sismòmetre	Valor pic	Freq. (Hz)
26	XII	22/06/2015	11:55	SIS-1	<b>1.29 mm/s</b>	9
27	XII	22/06/2015	11:55	SIS-2	5.91 mm/s	26
28	XII	22/06/2015	11:55	SIS-3	0.587 mm/s	9
29	XII	22/06/2015	11:55	SIS-4	0.587 mm/s	14
30	XII	22/06/2015	11:55	SIS-5	3.46 mm/s	26
31	XIII	20/07/2015	12:30	SIS-1	0.825 mm/s	10
32	XIII	20/07/2015	12:30	SIS-2	6.08 mm/s	18
33	XIII	20/07/2015	12:30	SIS-4	0.683 mm/s	10
34	XIII	20/07/2015	12:30	SIS-5	<b>3.62 mm/s</b>	22
35	XIV	01/09/2015	12:00	SIS-1	0.667 mm/s	7
36	XIV	01/09/2015	12:00	SIS-2	5.56 mm/s	12
37	XIV	01/09/2015	12:00	SIS-4	0.683 mm/s	10
38	XIV	01/09/2015	12:00	SIS-5	2.81 mm/s	26
39	XV	06/10/2015	12:20	SIS-1	0.873 mm/s	6
40	XV	06/10/2015	12:20	SIS-2	5.11 mm/s	11
41	XV	06/10/2015	12:20	SIS-3	0.54 mm/s	7
42	XV	06/10/2015	12:20	SIS-4	0.746 mm/s	8
43	XV	06/10/2015	12:20	SIS-5	2.75 mm/s	28

Com s'estableix a la Norma UNE 22.381 (figura 43), la perillositat d'una estructura respecte a una vibració no està solament relacionada amb el valor pic de la vibració del terreny, sinó també amb la freqüència on es produeix aquesta vibració. Per aquest motiu és molt important determinar quines són les freqüències que participen en el tren d'ones generat per la voladura. S'ha analitzat en el domini de les freqüències els registres obtinguts a tots els sismòmetres amb l'objectiu de determinar la freqüència on es produeix el valor màxim de la vibració del terreny. S'ha comprovat que en la majoria de casos la freqüència en els emplaçaments SIS-2 i SIS-5 varia entre 15 i 20 Hz, mentre que a la resta de sismòmetres és inferior a 10 Hz. Això mostra que l'energia sísmica d'alta freqüència s'atenua més ràpidament que la de baixa freqüència, ja que els sismòmetres SIS-2 i SIS-5 són els més propers a les voladures realitzades a la pedrera. Si tenim en compte el rang de freqüències on es produeix el pic de vibració, majoritàriament per sota els 15 Hz, i els valors màxims proposats per la Norma UNE 22.381 per edificis del grup II, obtenim que la vibració màxima permesa a la zona d'estudi són 9 mm/s (figura 43).

A la figura 44 es mostren els valors del pic de velocitat de la vibració del terreny registrats a diferents distàncies de les voladures. A tots els emplaçaments i per a totes les voladures s'observa el mateix comportament: el valor del pic de velocitat no supera el llindar que estableix la Norma UNE 22.381 per edificis del grup II (9 mm/s). El valor màxim de la vibració del terreny que s'ha registrat durant aquest període és de 6.27 mm/s al sismòmetre SIS-2. A la resta d'emplaçaments la vibració registrada sempre ha estat inferior a la registrada en aquest sismòmetre.

Els sismòmetres SIS-1, SIS-3 i SIS4, situats a més de 500 m de la pedrera, registren sistemàticament valors del pic de velocitat molt inferiors als registrats als emplaçaments SIS-2 i SIS-5. Aquest fet denota la forta dependència de la vibració del terreny respecte la distància a la voladura.



On V és el pic de velocitat de la vibració del terreny (mm/s), Q és la càrrega màxima operant de la voladura (kg) i D és la distància a la voladura (m). Per ajustar els paràmetres K,  $\alpha$  i  $\beta$  necessitem conèixer les característiques de les voladures que s'han detectat durant el període de monitorització. A la taula 65 es mostren els paràmetres de les voladures realitzades entre octubre de 2014 i octubre de 2015, cedits per l'ajuntament de Bigues i Riells. Per tal que la llei d'atenuació sigui el més representativa possible és important disposar de registres de velocitat mesurats a diferents distàncies de la voladura i utilitzant un rang ampli de càrrega màxima operant. Per aquest motiu s'han utilitzat dades disponibles de les voladures registrades l'any 2009. A l'annex VI es mostren els paràmetres d'aquestes voladures. La llei d'atenuació que s'ha obtingut és:

$$V = 1026743 \cdot Q^{0.28} \cdot D^{-2.43}$$

El coeficient de correlació és del 93% i la desviació estàndard és un factor 1.31 respecte al valor obtingut, fet que mostra un bon ajust dels valors mesurats respecte la llei d'atenuació que s'ha calibrat. A la figura 45 es representa la comparació entre els valors mesurats del pic de velocitat de la vibració del terreny i la llei d'atenuació calibrada en funció de la càrrega màxima operant i la distància a la voladura, junt amb les bandes d'error de l'ajust. S'observa com, tot i la dispersió de les mesures de la velocitat, aquestes s'ajusten al voltant de la llei calibrada. Els valors que més s'allunyen de la llei d'atenuació es poden relacionar amb problemes en la fixació del sensor o amb voladures poc efectives, que no han aconseguit arrancar la totalitat del material.

*Taula 65. Informació de les voladures cedida per l'ajuntament de Bigues i Riells. Per a cada voladura es mostren els valors del pic de velocitat de la vibració del terreny, freqüència on s'ha produït i situació del sensor. CM: Càrrega màxima operant. C: Càrrega total. S.R: El sismòmetre no s'ha disparat, no hi ha registre. N.D: Falten dades.*

Data	Voladura	Lloc mesura	Valor pic	Freq. (Hz)	CM (kg)	C (kg)
22/10/2014	I	C/Can Vileu	S.R.	S.R.	N.D.	N.D.
05/11/2014	II	Pau Casals/Dr.Trueta	0.127	N.D.	28.9	1591
25/11/2014	III	C/Dr. Trueta	0.57	N.D.	79.8	1438
07/01/2015	IV	Pau Casals/Dr.Trueta	S.R.	S.R.	43.65	1528
04/02/2015	V	N.D.	0.51	14	60	1334
19/02/2015	VI	C/Dr. Trueta	0.76	28	65	1930
12/03/2015	VII	N.D.	0.57	23	N.D.	N.D.

Data	Voladura	Lloc mesura	Valor pic	Freq. (Hz)	CM (kg)	C (kg)
07/04/2015	VIII	N.D.	0.51	19	N.D.	N.D.
04/05/2015	IX	C/Can Vileu	0.57	15	54	1513
01/06/2015	X	C/Dr. Trueta	0.64	N.D.	58.9	1415
15/06/2015	XI	C/Can Vileu	0.51	19	61.8	1175
22/06/2015	XII	C/Can Vileu	0.83	24	64.7	1684
20/07/2015	XIII	C/Mirador	0.89	28	62.7	1758
01/09/2015	XIV	N.D.	0.57	18	60.5	1514
06/10/2015	XV	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

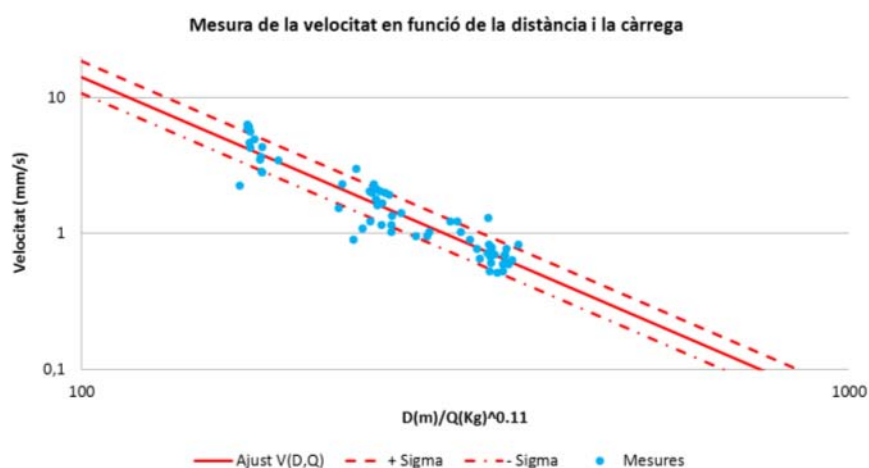


Figura 45. Comparació entre els valors del pic de velocitat de la vibració del terreny mesurats en aquest estudi (2014-2015), les voladures registrades l'any 2009 i la llei d'atenuació calibrada en funció de la càrrega màxima operant i la distància a la voladura. També es mostren les bandes d'error de l'ajust. Els eixos estan en escala logarítmica.

A partir de la llei d'atenuació podem calcular, per una càrrega màxima operant específica, la distància a la que s'obtindrà un determinat valor del pic de velocitat de la vibració del terreny. Durant el període de monitorització els valors mínim i màxim de la càrrega màxima operant de la voladura van ser de 28.9 i 79.8 kg, respectivament. Així doncs, calculem, per aquests valors de la càrrega màxima operant, la distància a la que s'assoliran determinats llindars de la velocitat de vibració del terreny: 1, 5 i 9 mm/s (taula 66).

A la figura 46 es representen les àrees on es preveu que se superin aquests valors de la vibració del terreny tenint en compte la llei d'atenuació calibrada i una càrrega màxima operant de 79.8 kg, que és l'escenari més desfavorable en el període 2014-2015. A la imatge s'observa que no hi ha cap zona habitada que estigui dins l'àrea on es pot assolir un pic de velocitat de com a mínim 9 mm/s. El valor que es pot esperar als edificis més propers a la pedrera és d'uns 5 mm/s. L'àrea on es pot registrar un pic de velocitat de la vibració del terreny de 1 mm/s és extensa i afecta a molts habitatges situats al sud-est de la zona d'estudi, però és un nivell de vibració molt inferior als llimars establerts per la Norma UNE 33.281.

Analitzant els registres històrics de les voladures del període 1995 – 2013 s'ha comprovat que durant aquest període es van utilitzar valors de càrrega màxima operant més alts que durant el període 2014 – 2015, arribant fins a 125 kg. Tal i com s'ha fet amb les dades de 2014-2015, calculem, per aquest valor de la càrrega màxima operant, la distància a la que s'assoliran els llimars de la vibració del terreny de 1, 5 i 9 mm/s, obtenint els resultats següents (taula 66):

Taula 66. Distància a la voladura (D) on es produirà un determinat valor del pic de velocitat (V) en funció de la càrrega màxima operant (CMO) segons la llei d'atenuació calibrada.

V (mm/s)	CMO (kg)	D (m)
9	28.9	177
	79.8	198
	125.0	209
5	28.9	225
	79.8	252
	125.0	266
1	28.9	436
	79.8	489
	125.0	515

Cal tenir present que al llarg d'aquests anys la situació del front d'explotació ha anat canviant: inicialment aquest front estava situat a l'extrem nord-est de la cantera i progressivament s'ha anat desplaçant cap al sud-oest fins a situar-se en la posició actual. Per tant, durant aquest temps la zona d'afectació de la cantera ha anat evolucionant a mesura que s'ha mogut el front de la voladura. A la Figura 46 es representen les àrees on es preveu que s'hagin superat els llimars de vibració del terreny (1, 5 i 9 mm/s) tenint en compte la llei d'atenuació calibrada i una càrrega

màxima operant de 125 kg i considerant els possibles fronts d'exploració dins dels període analitzat. A la imatge s'observa que hi ha alguns edificis que estan dins l'àrea on es pot assolir un pic de velocitat de 9 mm/s.

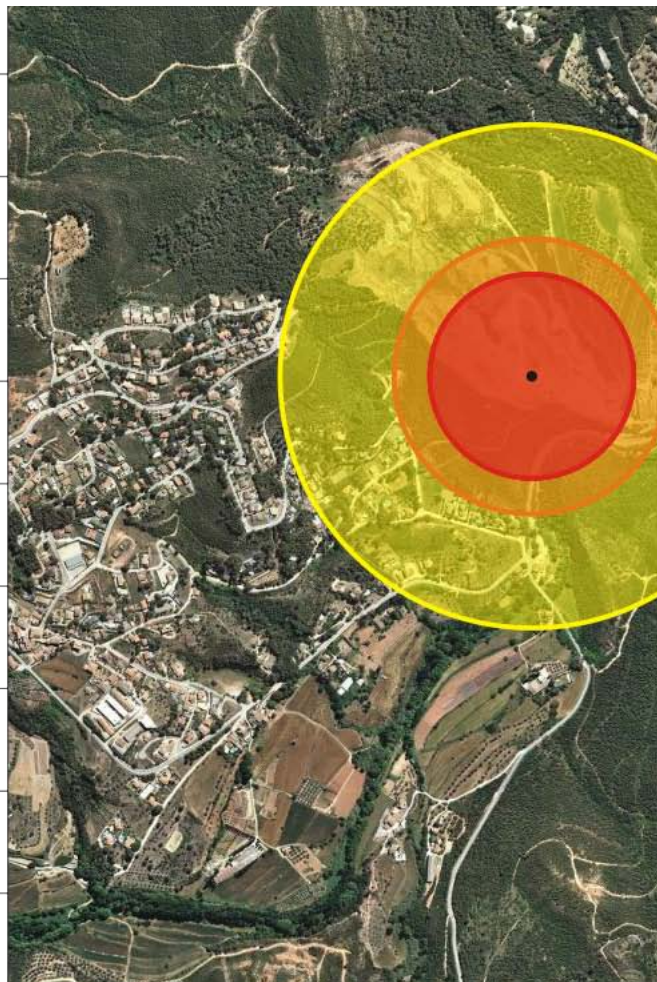


Figura 46. Àrees on es preveu que es superin els diferents límits de la vibració del terreny (1, 5 i 9 mm/s) tenint en compte la llei d'atenuació calibrada i una càrrega màxima operant de 79.8 kg.

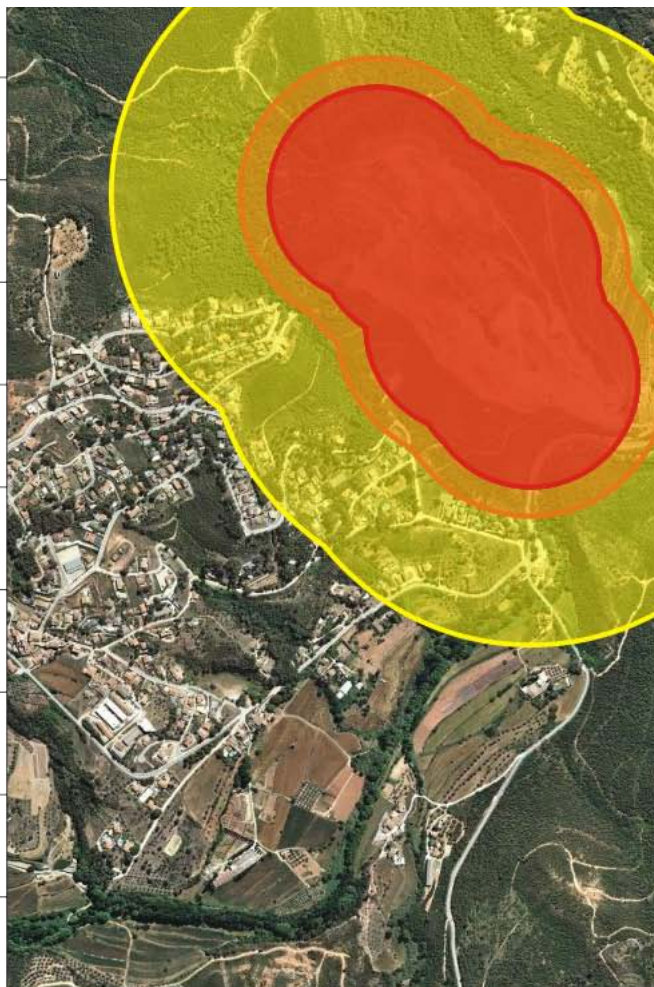


Figura 47. Àrees on es preveu que es superin els diferents líndars de la vibració del terreny (1, 5 i 9 mm/s) tenint en compte la llei d'atenuació calibrada i una càrrega màxima operant de 125 kg.

#### 6.1.4 Casos particulars

En l'anàlisi de la zonificació de les velocitats de propagació de les ones, els resultats de velocitat anòmals exposats en el punt 6.2.4, no s'ha pogut utilitzar en l'anàlisi de la zonificació de les velocitats (taula 67), ja que només es disposa d'un sol punt de registre en cada cas i no es pot aplicar la llei d'atenuació plantejada ja que aquests punts donen valors extrems que queden fora de la zonificació establerta amb aquesta llei.

Tal i com s'ha comentat anteriorment, la propagació de les ones depèn molt de la qualitat de la voladura i del punt on aquesta es realitzi, de manera que es considera que aquests valors anòmals han de tenir relació amb voladures poc eficients que han transmès gran part de l'energia cap el massís rocós. En qualsevol cas, el valor extrem enregistrat en la voladura del 6 d'abril de 2001, en cas de tenir el punt de mesura dins dels sectors de Can Castanyer o de Boscos de Can Riells, estaria completament fora dels límits establerts per la normativa i podria haver afectat a altres sectors. En el cas del registre de la voladura del 2006, mesurada en l'habitatge del carrer Trueta núm X, és molt probable que part dels sectors de Can Castanyer i de Boscos de Can Riells estiguessin molt a prop del límit de 9 mm/s marcat per la normativa.

Taula 67: Lectures de velocitat amb valors superiors a les mitjanes enregistrades

Data	Càrrega operant (kg/barrinadura)	Velocitat (mm/s)	Punt mesura
06/04/2001	50	37,60	Desconegut
28/04/2006	59	5,08	c/ Trueta núm. X

## 6.2 Fissurímetres

### 6.2.1 Introducció

Els moviments diferencials en les edificacions es manifesten amb fissures i esquerdes que afecten als elements estructurals dels mateixos edificis. L'objectiu de la instrumentació d'aquests edificis és el de fer un seguiment d'aquestes fissures que permeti quantificar-ne les magnituds i l'evolució dels desplaçaments.

En base a les fitxes d'inventari d'esquerdes realitzades en l'Estudi de zonificació de l'àmbit delimitat en la modificació del POUM en relació a la perillositat geològica a Riells del Fai (Bigues i Riells) (octubre del 2013), es van seleccionar aquelles edificacions que manifestaven majors afectacions i intensitats en el danys i al mateix temps evidenciaven una evolució més ràpida de les patologies. En l'àrea d'estudi es van escollir 5 dels edificis i amb el vist i plau dels propietaris s'hi van instal·lar 11 fissurímetres (taula 12). A l'annex VII es poden consultar els plànols de situació i les característiques d'instal·lació de cada un dels fissurímetres.

Els fissurímetres instal·lats són dels tipus de corda vibrant (FCV) (fotografia 6), els dos extrems dels quals es fixen cada una en un costat oposat a la l'esquerda permetent així mesurar el desplaçament de la obertura en una direcció i amb una precisió de fins a 0.3 mm. Els fissurímetres, de la casa *Slope Indicator*, tenen un rang de mesura de 60 mm i també van equipats amb un sensor de temperatura. Cada fissurímetre es va programar per realitzar una mesura cada 4 hores, de manera que els valors dels desplaçaments queden enregistrats en un *data logger* (fotografia 23) instal·lat molt proper al sensor. Les dades enregistrades van ser descarregades periòdicament per tècnics del ICGC.

Taula 68. Situació dels fissurímetres

Fissurímetre	Direcció edificació	Orientació del sensor	Inclinació del sensor	Direcció de la fissura	Data d'instal·lació
--------------	---------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------	---------------------

Fissurímetre	Direcció edificació	Orientació del sensor	Inclinació del sensor	Direcció de la fissura	Data d'instal·lació
FCV-01	c. Enamorats X	--	Vertical (90°)	Horitzontal	17/12/2014
FCV-02	c. Enamorats X	W-E (82°)	Horitzontal (0°)	Obliqua	17/12/2014
FCV-03	c. Enamorats X	W-E (82°)	Horitzontal (0°)	Obliqua	17/12/2014
FCV-04	c. Font Alzinella X	NE-SW (154°)	Horitzontal (0°)	Obliqua	17/12/2014
FCV-05	c. Font Alzinella X	NE-SW (68°)	Horitzontal (0°)	Vertical	17/12/2014
FCV-06	c. Pau Casals X	NW-SE (53°)	Horitzontal (0°)	Obliqua	17/12/2014
FCV-07	c. Pau Casals X	NW-SE (53°)	Horitzontal (0°)	Vertical	17/12/2014
FCV-08	c. Font Alzinella X	NW-SE (43°)	Horitzontal (0°)	Vertical	17/12/2014
FCV-09	c. Dr. Zamenhof X	W-E (121°)	Horitzontal (0°)	Obliqua	01/04/2015
FCV-10	c. Dr. Zamenhof X	W-E (121°)	Obliqua (45°)	Obliqua	01/04/2015
FCV-11	c. Dr. Zamenhof X	N-S (32°)	Horitzontal (0°)	Vertical	01/04/2015



Fotografia 22. Exemple de fissurímetre: FCV-4 instal·lat al carrer Font Alzinella, X



Fotografia 23. Data logger i sistema d'adquisició de dades.

## 6.2.2 Resultats i anàlisi de les dades

### 6.2.2.1 Desplaçaments

El registre en continu dels desplaçaments permet establir una línia evolutiva al llarg del temps. En el període d'auscultació es recullen els resultats dels moviments registrats (mm) a partir dels quals en traiem unes velocitats (mm/any). Aquest període és de 292 dies pels fissurímetres del FCV-01 al FCV-08 i de 187 dies pels FCV-09 al FCV-11. Els resultats de les mesures es mostren a la taula 69. A l'annex VII es mostra el detall dels moviments registrats en cada un dels fissurímetres. Seguidament es descriuen els resultats per a cada un dels edificis.

Taula 69. Resultats dels registres fissurimètrics mostrats com a desplaçaments i velocitats de desplaçament del darrer mes i des de l'inici de les mesures. Es destaquen amb color les dades més significatives.

Fissurímetre	Edifici	Desplaçament mensual (mm)	Desplaçament total (mm)	Velocitat total (mm/any)
FCV-01	*	0.17	1.11	1.39
FCV-02		1.95	9.54	13.15
FCV-03		-0.07	0.13	0.16

Fissurímetre	Edifici	Desplaçament mensual (mm)	Desplaçament total (mm)	Velocitat total (mm/any)
FCV-04	Edifici A	-0.14	0.36	0.46
FCV-05		-0.02	0.13	0.16
FCV-06	Edifici B	-0.20	0.44	0.55
FCV-07		-0.06	-0.82	-1.03
FCV-08	Edifici C	0.05	-0.03	-0.04
FCV-09	Edifici D	-0.06	-0.22	-0.42
FCV-10		--	-0.06	-0.30
FCV-11		-0.04	-1.03	-1.03

**Edifici A:** aquest edifici està format per 3 blocs on els fissurímetres estan instal·lats en la façana posterior (figura 7). El FCV-01 col·locat verticalment a la part alta d'una columna del porxo al bloc inferior, el FCV-02 situat horitzontalment entre els blocs inferior i central i el FCV-03 instal·lat horitzontalment en el bloc central, tots seguint la direcció de màxima pendent del terreny.

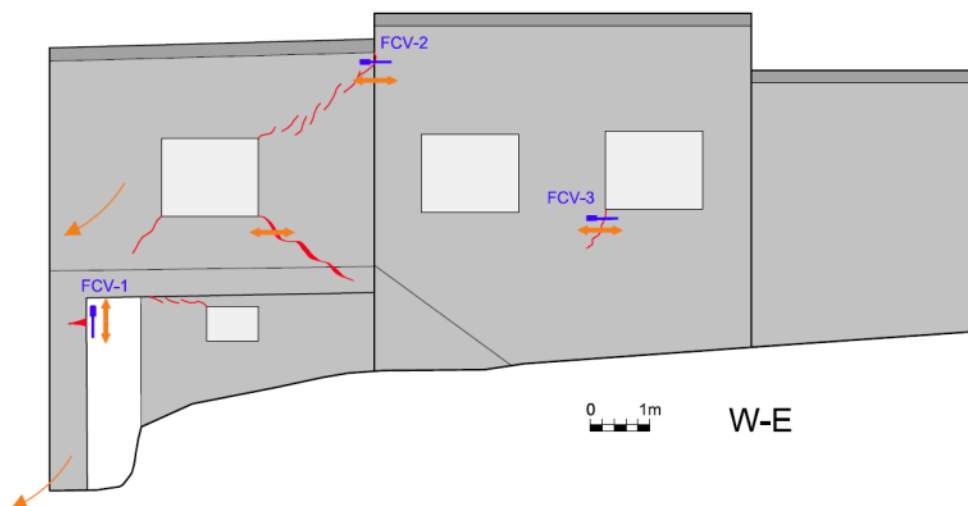


Figura 48. Esquema de situació dels fissurímetres a l'Edifici A

El FCV-02 (figura 49) és el que ha registrat un major desplaçament des de la seva instal·lació, mentre que el FCV-01 els desplaçament registrat ha estat menor. Els desplaçaments registrats pel FCV-03 són molt baixos o poc significatius.

El gràfic evolutiu del FCV-02 (figura 49) mostra un molt lleuger tancament fins al dia 23/06/2015 quan s'inicia una ràpida obertura fins al dia 18/08/2015. Les velocitats registrades en aquest període són d'entre 60 i 74 mm/any que suposen desplaçaments mensuals superiors a 6 mm. Seguidament continua el moviment d'obertura però a més baixes velocitats, entre 15 i 20 mm/any.

En el FCV-01 (figura 50) també hi queda registrada una sobtada obertura de la fissura entre el mateix període de temps (del 23/06/2015 al 18/08/2015) quan els registres marquen velocitats màximes de 11.5 mm/any. Després del període el moviment d'obertura es manté a velocitat més baixa, entre 2 i 4 mm/any. En la figura 51 s'observa que els períodes i els variacions en les velocitats d'aquest dos fissurímetres són simultànies però a escales diferents.

Aparentment FCV-03 mostra molt poc desplaçament. Comparant-lo amb el FCV-01 (figura 50) s'observa que tenen un comportament molt semblant, no obstant no s'aprecia l'acceleració que presenten els FCV-01 i FCV-02 en l'interval esmentat.

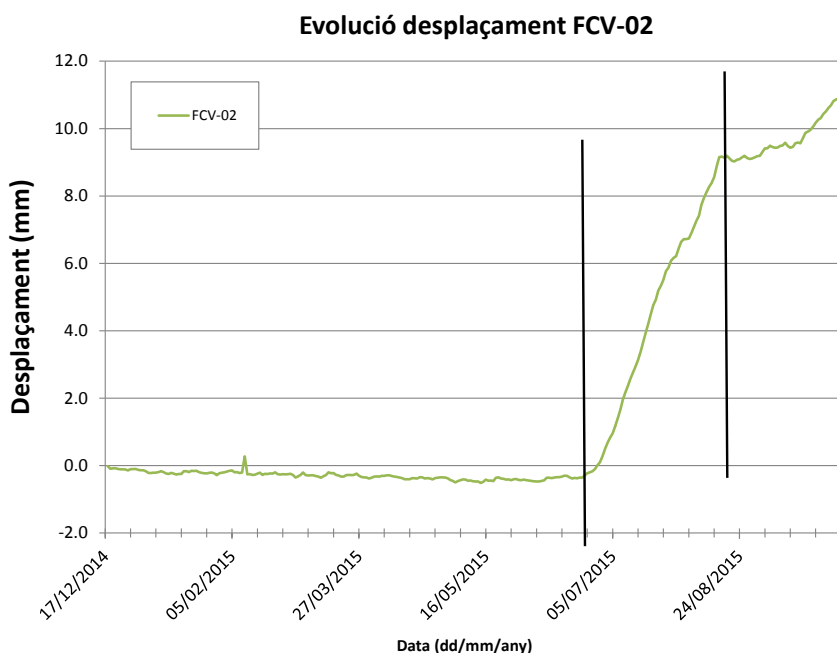


Figura 49. Evolució del desplaçament en el FCV-02 al llarg del període d'auscultació. Les línies verticals acoten el període entre el 23/6/2015 i 18/8/2015.

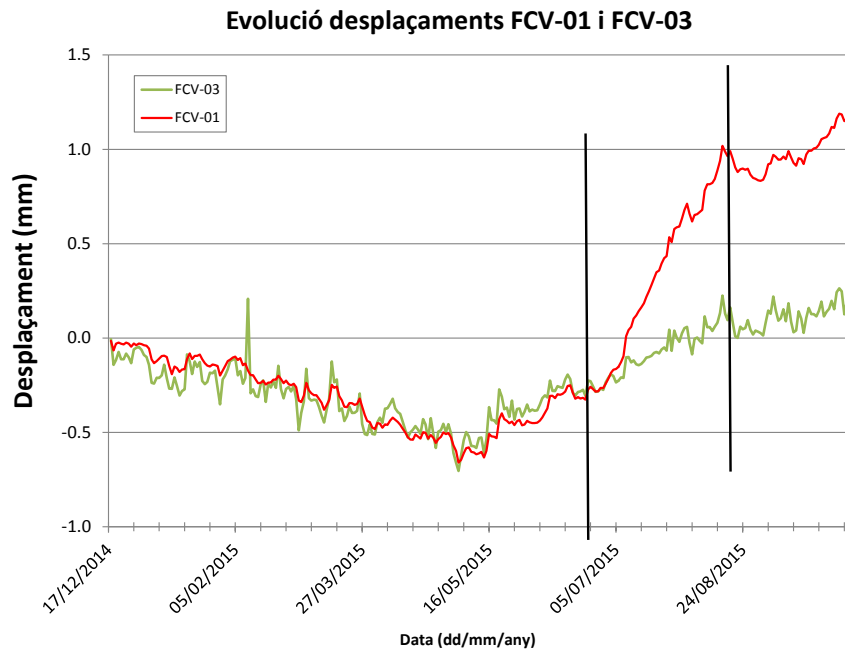


Figura 50. Evolució del desplaçaments en el FCV-01 i el FCV-03 al llarg del període d'auscultació. Les línies verticals acoten el període entre el 23/6/2015 i 18/8/2015.

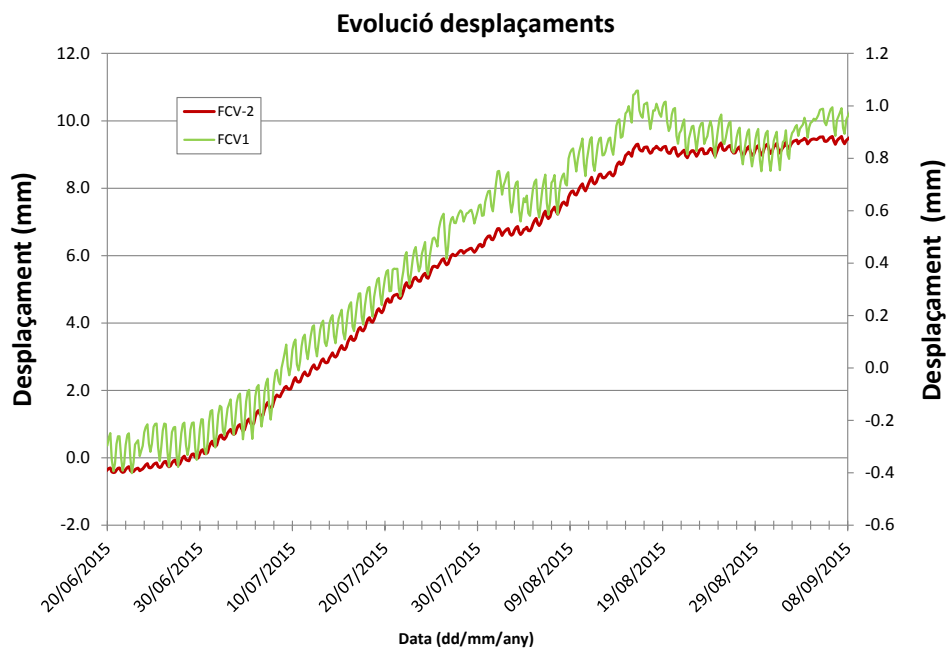


Figura 51. Detall del període de màxima desplaçament en els FCV-01 i FCV-02, entre 23/6/2015 i 18/8/2015 .

**Font Alzinella, X:** els fissurímetres FCV-04 i FCV-05 estan instal·lats horitzontalment en dues parets ortogonals. Els totals dels desplaçaments mesurats en tot el període d'auscultació són inferiors a 0.5 mm per als dos fissurímetres i les velocitats no arriben als 0.4 mm/any.

Observant la línia evolutiva dels desplaçaments al llarg del període d'auscultació (figura 52), s'identifica un període amb un lleugera obertura de les fissures. Entre aproximadament el dia 13/05/2015 i el 16/08/2015 les velocitats registrades per ambdós fissurímetres es troben entre 2.0 i 4.0 mm/any.

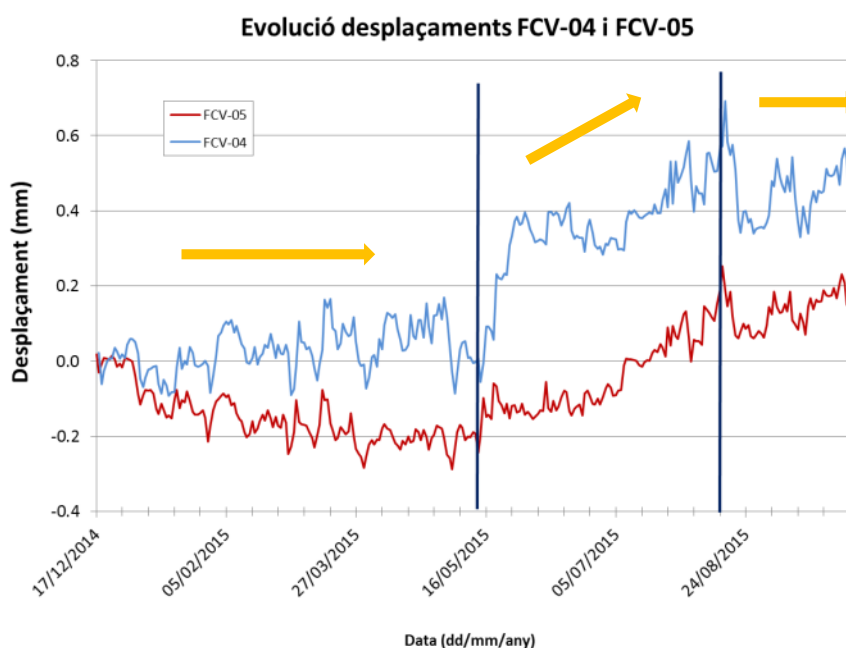


Figura 52. Evolució de les mitjanes diàries dels desplaçaments dels FCV-04 i FCV-05. Les línies verticals acoten el període entre el 13/05/2015 i 16/08/2015.

**Edifici B:** els fissurímetres FCV-06 i FCV-07 se situen horitzontalment en la mateixa direcció de les dues façanes oposades (figura 53). Els desplaçaments (figura 54) registrats al final del període d'auscultació no arriben a 1 mm.

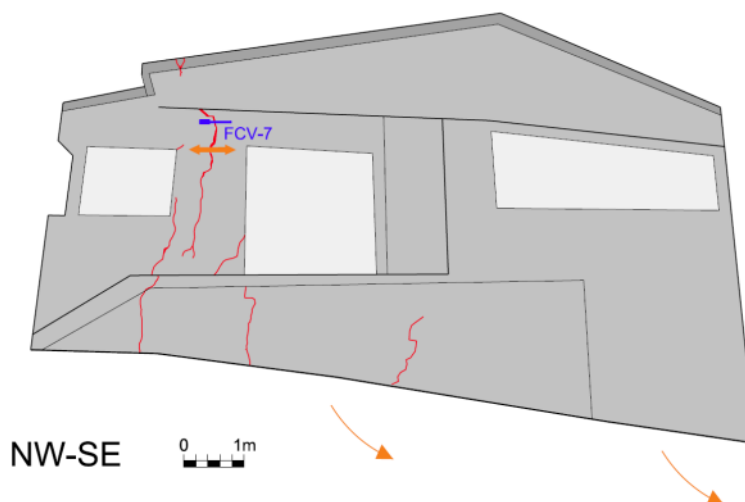


Figura 53. Esquema de situació dels fissurímetres FCV-07 a l'edifici B.

Tot i tenir un comportament irregular, el FCV-07 ha registrat una tendència amb un tancament continu de la fissura, a una velocitat de 1.03 mm/any i un desplaçament total de 0.82 mm

El FCV-06 també marca un comportament irregular on s'hi poden distingir 3 períodes:

- Del 17/12/2014 al 14/03/2015 s'observa una tendència a la obertura amb unes velocitats d'entre 8 i 10 mm/any al inici, que van disminuint fins a entre 4 i 6 mm/any, registrant-se un desplaçament al final d'aquest període de 1.24 mm.
- Del 14/03/2015 al 30/07/2015 amb una tendència sense canvis significatius en el desplaçament.
- Del 30/07/2015 al 05/10/2015 s'observa una evolució al tancament de la fissura amb un desplaçament de 0.64 mm i velocitats molt variables d'entre 1 i 8 mm/any en aquest període.

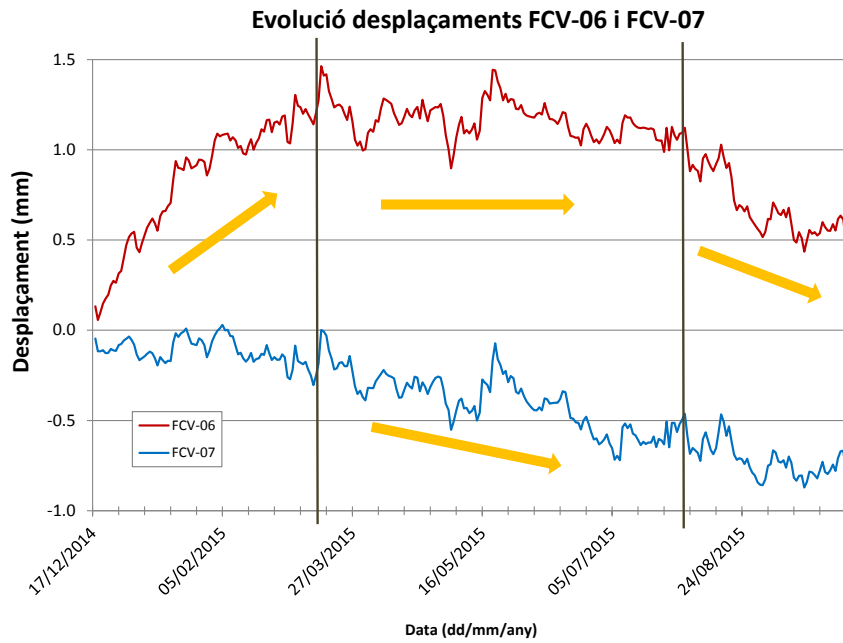


Figura 54. Evolució de les mitjanes diàries dels desplaçaments dels FCV-06 i FCV-07. Les línies verticals acoten els període descrits al text.

**Edifici C:** hi ha instal·lat el fissurímetre FCV-08 orientat horitzontalment segons la façana principal. Aquest fissurímetre (figura 55) no mostra moviments significatius.

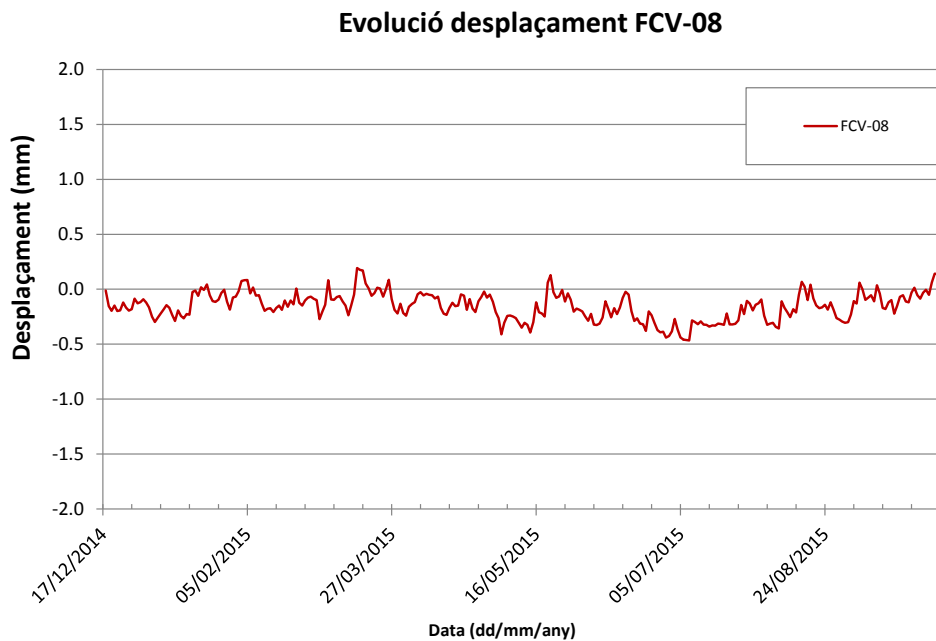


Figura 55. Evolució de les mitjanes diàries dels desplaçaments dels FCV-08.

**Edifici D:** Els FCV-10 i FCV-11 estan instal·lats en la mateixa façana, el primer de manera horitzontal i seguint la direcció de màxima pendent del terreny, el segon ortogonal al primer i a 45° segons la horitzontal. El FCV-09 està instal·lat horitzontalment més o menys perpendicular a la màxima pendent del terreny.

Aquests fissurímetres van estat instal·lats posteriorment als altres i per això el període d'auscultació és més curt. El FCV-10 té un registre encara més curt degut a un mal funcionament del data logger.

S'observa un comportament molt similar en la evolució dels registres dels 3 fissurímetres que també es pot dividir en 3 períodes:

- Del 01/04/2015 al 19/05/2015: els registres no mostren tendència a moviments, o en tot cas a un lleuger tancament, més evident en el FCV-11.
- Del 19/05/2015 al 02/08/2015: s'observa un tancament suau i constant de les fissures, amb un desplaçament de 0.45 mm i velocitats d'entre 1 i 3 mm/any en aquest període.
- Del 02/08/2015 al 05/10/2015: els moviments aparentment s'aturen.

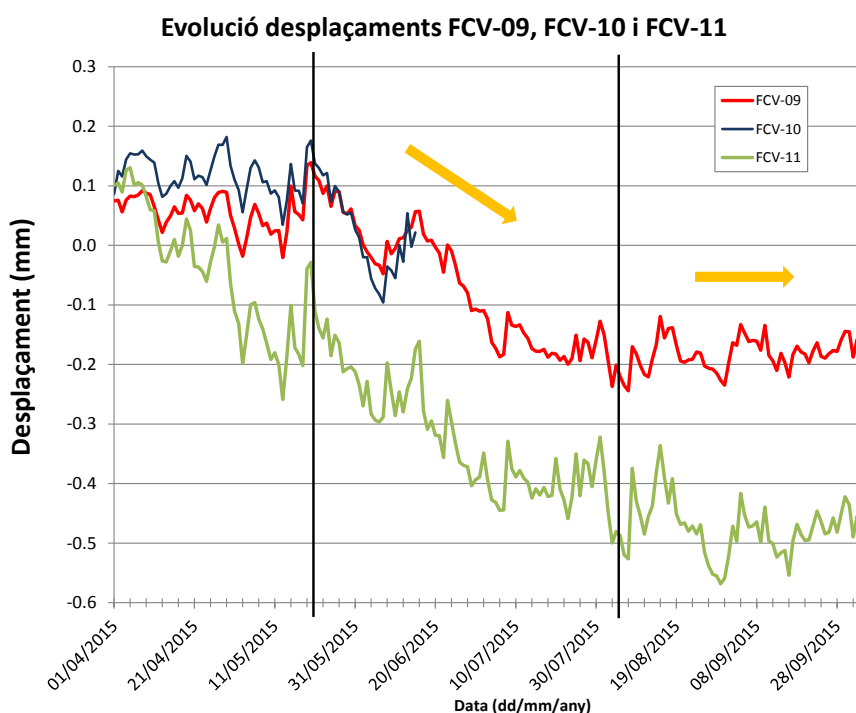


Figura 56. Evolució de les mitjanes diàries dels desplaçaments dels FCV-09, FCV-10 i FCV-11. Les línies verticals acoten els períodes descrits al text.

El conjunt de lectures s'han agrupat en 2 sectors per proximitat, el sector de Riells (figura 59) i el de can Castanyer (figura 60).

### 6.2.2.2 Efecte de la precipitació

Les dades pluviomètriques de les que es disposen procedeixen de dues fonts. Una és l'estació meteorològica de Caldes de Montbui del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) situada a 176 m d'alçada i a uns 10 Km de distància. L'altre font són les dades recopilades per una estació meteorològica particular, situada dins de l'àrea d'estudi (carrer de Quintanes, 49) i a 350 m d'alçada. Aquesta darrera estació està acreditada i disposa d'un segell de qualitat destacada segons els criteris de la web Meteoclimatic (<http://www.meteoclimatic.net/>). A petició del ICGC el propietari ens ha subministrat les dades històriques recopilades. Per validar la fiabilitat s'han comparat les dades de les dues estacions (figura 57). En aquest gràfic s'observa que tot i que els valors i períodes són sensiblement diferents, els ordres de magnitud són similars i els dies de pluja i els períodes de sequera són bastant equivalents. Per aquest motiu i com que l'estació es troba dins de l'àrea estudiada, les dades pluviomètriques utilitzades en aquest capítol són els del carrer de Quintanes de Riells.

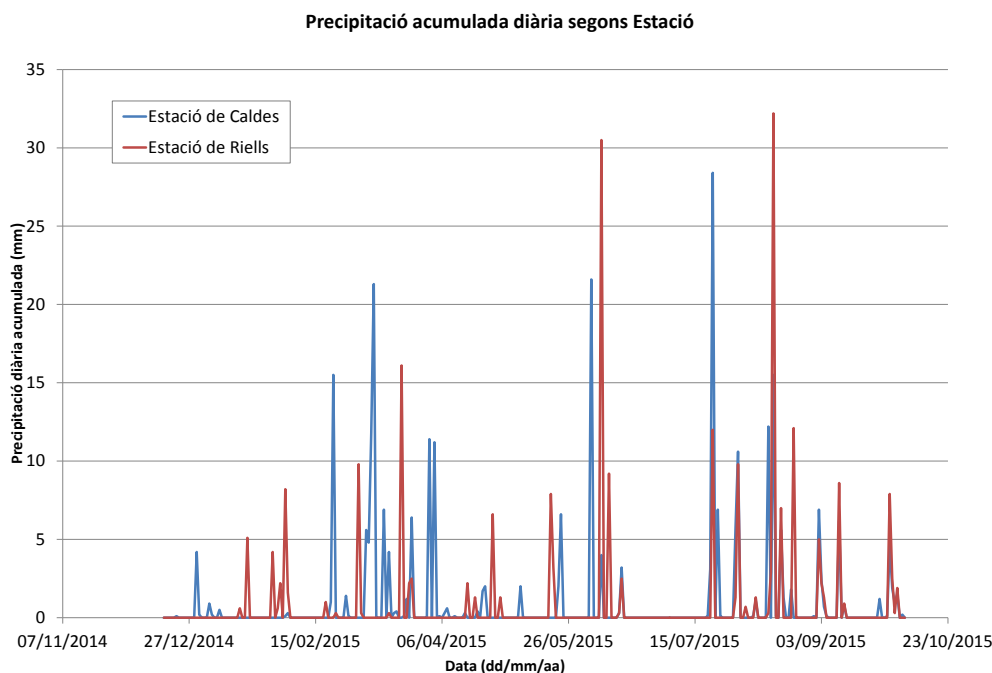
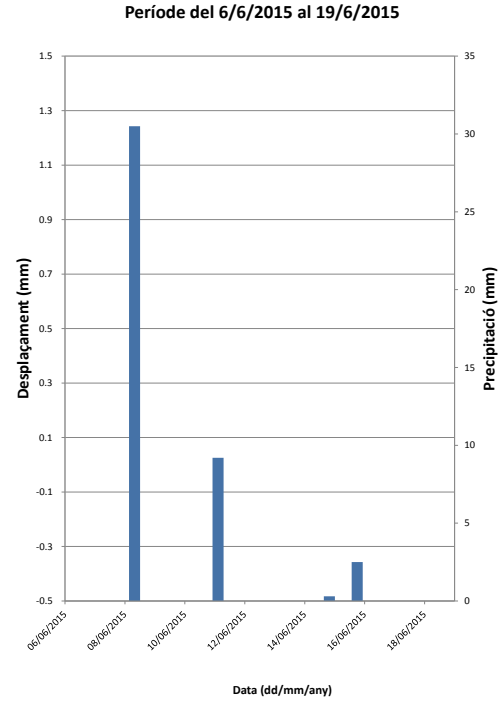
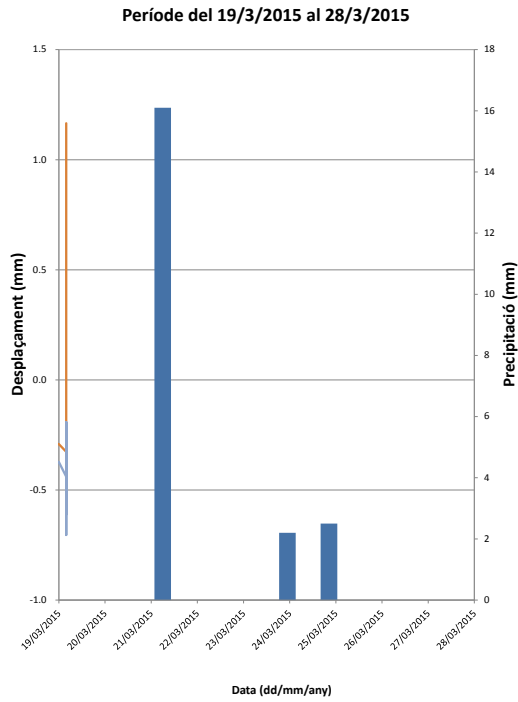


Figura 57. Dades de pluviometria diària acumulada de les estacions de SMC i de l'estació particular del carrer Quintana de Riells durant el període estudiat.

Dibuixant gràfics de detall, amb la línia evolutiva dels desplaçaments mitjans diaris de cada fissurímetre conjuntament amb la pluviometria, hauria de permetre establir si hi ha una relació

entre la obertura de les esquerdes i l'aigua en medi provinent de les pluges (figura 58). En els gràfics es detallen els períodes amb episodis de pluges diàries acumulades de >10 mm.

Observant aquests gràfics, no s'aprecia una resposta evident en els desplaçaments registrats després dels episodis de pluja ocorreguts durant el període d'auscultació. Cal tenir en compte que en aquest interval de mesures, les pluges produïdes han estat força escasses.



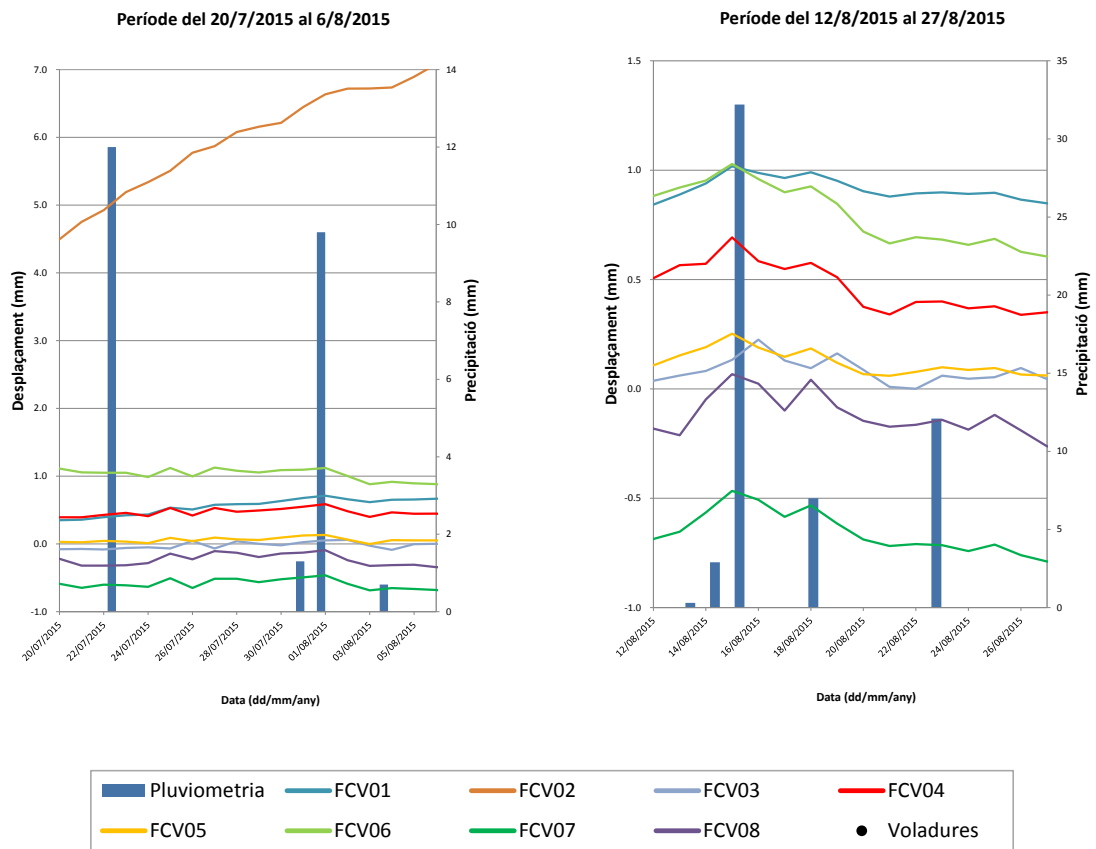


Figura 58. Gràfics de detall per intervals amb pluviometries diàries acumulades superiors a 10 mm amb les mitjanes diàries de desplaçaments dels fissurímetres.

## Riells

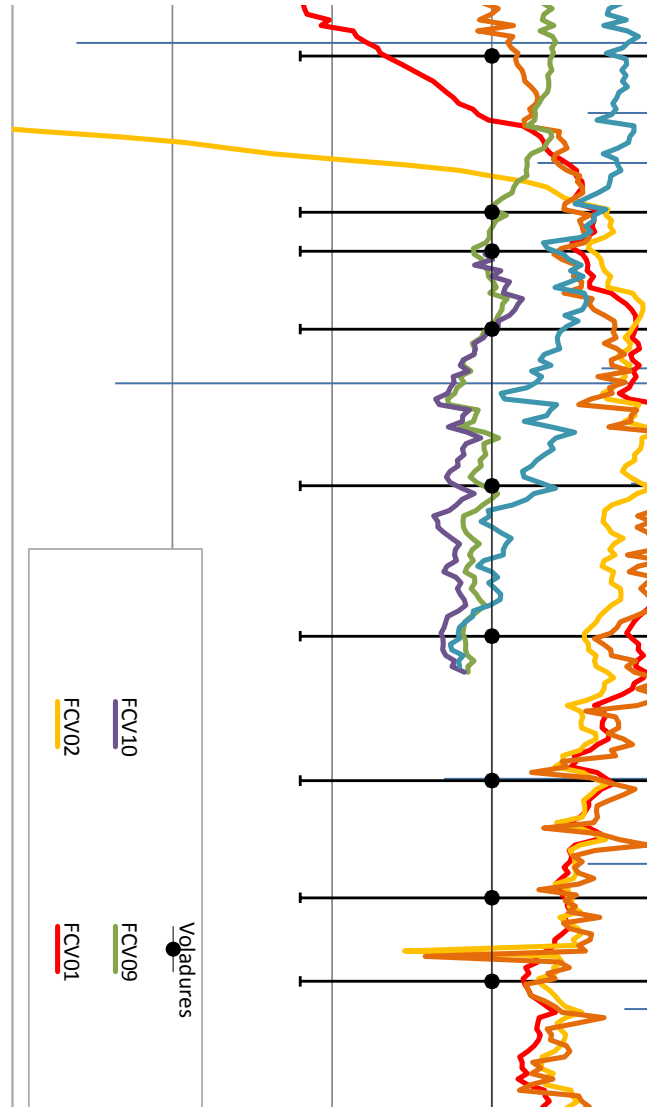
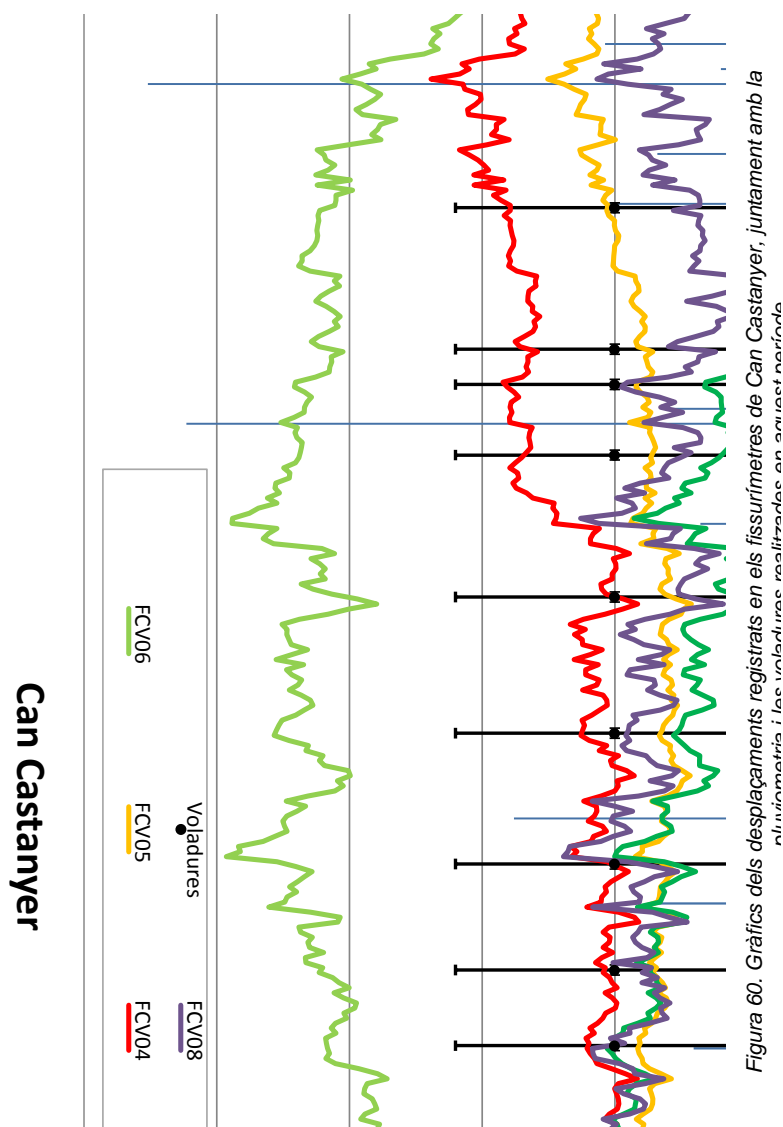


Figura 59. Gràfics dels desplaçaments registrats en els fissurímetres de Riells, juntament amb la pluviometria i les voladures realitzades en aquest període.



### 6.2.2.3 Efecte de les vibracions sobre els fissurímetres

Un dels possibles orígens de les esquerdes o si mes no, un factor que podria accelerar els moviments podria ser les vibracions transmeses per les voladures de l'activitat extractiva de "Can Margarit". A partir de la informació que l'empresa Àrids Clapés subministra a l'ajuntament on comunica les dates i hora en que es realitzen les voladures, així com els resultats dels sismòmetres instal·lats per l'ICGC i descrits en el capítol anterior (figura 59 i figura 60), es podria determinar si l'impacte d'aquestes vibracions transmeses pel terreny sobre les edificacions són causa directe en la evolució dels moviments i obertura d'esquerdes.

S'observa el detall dels dies en que es van realitzar detonacions, per exemple a les 12:28 h del dia 04/06/2015 on el sismòmetre situat al carrer de Font Alzinella X va detectar un dels registres més elevats. El gràfic de detall per aquest dia (figura 61) mostra les oscil·lacions diàries dels desplaçaments produïdes pels canvis de temperatura, mesurades cada 4 hores en cada un dels

fissurímetres, en les quals no s'observa cap afectació o modificació de comportament en els moments posteriors a la detonació.

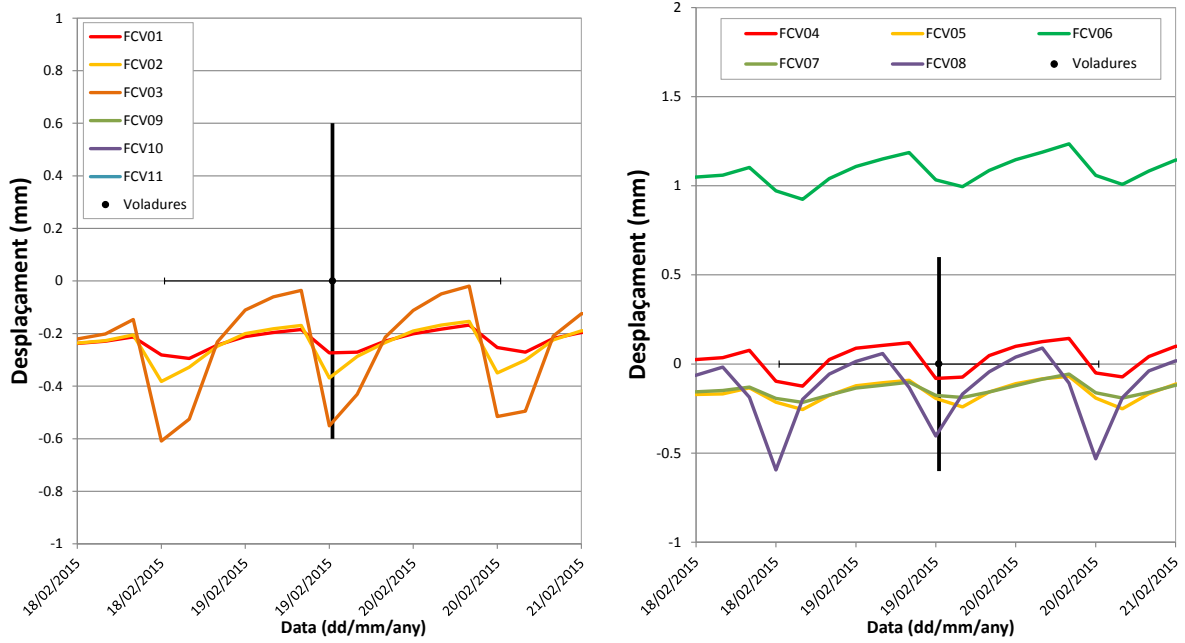


Figura 61. Gràfics dels desplaçaments fissurimètrics entre els dies 18 i 21/02/2015 amb la detonació realitzada a les 12:28h del dia 19/02/2015.

## 7 Causes de les patologies

L'anàlisi de les patologies observades així com de les dades geològiques, geotècniques i geomorfològiques i de la instrumentació, ha permès identificar diversos factors com a causa de la seva aparició i evolució. Aquests factors tenen el seu origen tant en processos que es poden considerar com a naturals i en processos condicionats per l'activitat antròpica, per la tipologia constructiva i pels materials utilitzats. En aquest sentit, totes aquestes causes poden actuar de forma individual o bé es pot donar una conjunció de diverses que donin lloc a un origen més complex de les diferents patologies.

L'anàlisi que es realitza en aquest punt només té en compte els factors que estan relacionats directa o indirectament amb el terreny, de manera que les que depenen del tipus d'estructura o els materials utilitzats no són objecte del present estudi i requeririen, si s'escau, d'un estudi específic per part d'un arquitecte o estructuralista.

La descripció que aquí es realitza es centrarà en els seus conceptes generals i la seva aplicabilitat i identificació pel cas d'estudi.

### 7.1 Factors condicionants

Els factors condicionants són aquells que necessiten de la presència d'un o més desencadenants, que provoquen la seva mobilització. En general, gran part de les patologies presents en la zona de Can Castanyer i de Riells es poden associar a moviments del terreny, deguts a factors intrínsecs com poden ser l'expansivitat i la deformabilitat, a la susceptibilitat del vessant a mobilitzar-se i a d'altres que poden tenir el seu origen en el mètode constructiu.

#### 7.1.1 Factors intrínsecs del terreny

##### 7.1.1.1 Expansivitat

Aquest comportament està relacionat amb l'absorció d'aigua i la dessecació per part de la fracció argilosa dels materials que formen el subsòl. La incorporació o eliminació d'aigua en els materials argilosos, depenent de la seva naturalesa, pot provocar canvis importants de volum i la generació de pressions d'inflament. Aquests canvis d'humitat, afecten als paràmetres resistents dels materials argilosos, de manera que quan incorporen un excés d'aigua es produeixen reduccions de la seva capacitat portant i de la resistència al tall.

Aquestes variacions d'humitat poden ser degudes diversos factors:

- Naturals, com són els canvis estacionals o períodes de precipitacions/sequera, on els canvis d'humitat es regulen per la capacitat d'infiltració i l'evapotranspiració i es poden veure afectats per altres factors com la presència d'arbres de creixement ràpid (pollancre, oms, acàcies, salzes, etc.) que degut l'important consum d'aigua poden produir canvis importants en la humitat del terreny que es trobi dins del radi d'afectació de les seves arrels.
- Antròpics, com poden ser moviments de terres i implantacions d'edificis. Quan es realitza una excavació, es permet l'exposició d'un terreny que es trobava en unes determinades condicions d'humitat i per tant es poden provocar canvis en el seu contingut d'aigua. Un cop executada l'obra, aquesta impedeix l'entrada vertical d'aigua en el terreny i la sortida per evapotranspiració, creant un desequilibri amb el terreny situat al voltant de l'estructura, que continua amb els seus cicles estacionals d'humectació/desseccació (Figura 62).

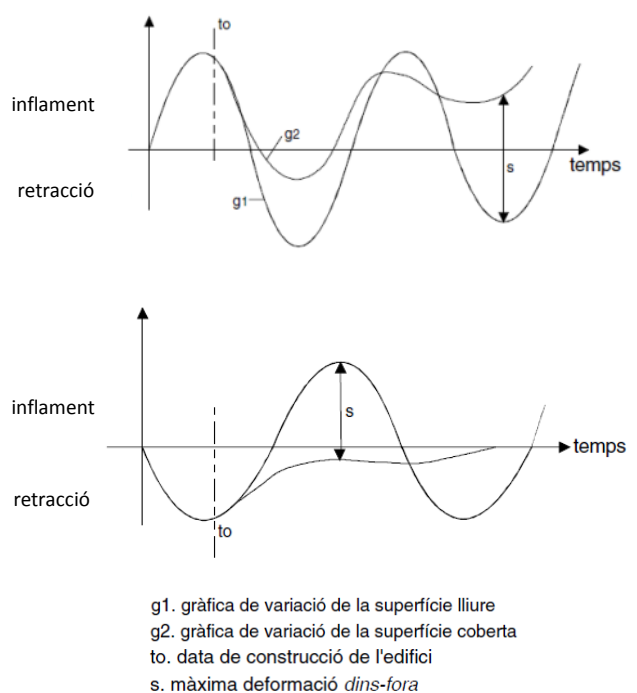


Figura 62. Efecte sobre la humitat del terreny per la construcció d'un edifici: a) construcció en època humida i b) construcció en època seca (adaptat del "Recomanacions per al reconeixement, la diagnosi i la teràpia de fonaments", INSTITUT DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓ DE CATALUNYA, 1995).

La part del sòl que es veu afectada per aquests processos d'inflament i retracció anomenada comunament com a capa activa, és superficial, generalment entre els 1,5 i els 3 m de profunditat, en els casos més extrems i les patologies associades als moviments d'aquesta capa activa

generalment tenen un caràcter cíclic, és a dir, d'obertura i tancament, com a resultats dels processos d'humectació i dessecació.

Els diferents estudis geotècnics consultats i els resultats de laboratori de les mostres extretes en els sondatges, mostren que la unitat Pml, formada per argiles llimoses i sorrenques d'alta plasticitat (CH) presenten un comportament potencialment expansiu amb valors de pressió d'inflament que poden arribar fins els 4.0 kg/cm<sup>2</sup>. Aquests valors són suficients per produir patologies tant en els paviments i vials, com en les fonamentacions de piscines, murs i edificacions. En la resta d'unitats geotècniques no s'ha detectat un comportament potencialment expansiu.

Amb tot, s'ha de considerar que aquests valors s'han mesurat en els trams de la unitat Pml més meteoritzats i transformats en un sòl, ja que són els que permeten el comportament expansiu de les argiles (Figura 46). En els trams menys alterats, on aquesta unitat encara presenta un comportament geotècnic similar al d'una roca tova, aquest procés d'expansió no es dona. És quan aquesta roca tova queda exposada als agents climatològics o a un flux més o menys constant d'aigua, que es produeix el procés de meteorització i transformació en un sòl, eliminant el possible ciment que uneix les partícules, alterant l'estructura i facilitant la incorporació d'aigua.

Els efectes que pot generar aquest comportament expansiu, tant en el terreny com en les estructures i infraestructures són els següents:

- Aixecament/assentament de la fonamentació d'estructures y edificis.
- Deformació de paviments i voreres.
- Increment de la susceptibilitat enfront a moviments vessant (esllavissades i reptacions).
- Trencament de canonades i drenatges rígids



Un altre exemple de materials compressibles, presents en la zona d'estudi, són els rebliments de terres, utilitzats tant en l'esplanació d'una parcel·la o en el reompliment de l'extradós d'un mur. Generalment aquests materials estan poc compactats degut als materials utilitzats (terres no seleccionades) i la dificultat en l'execució de la compactació, i presenten una alta deformabilitat, podent desenvolupar en alguns casos, processos de consolidació diferida espontània sense estar sotmesos a una sobrecàrrega, sobretot si hi ha presència d'aigua en el terreny. Aquests casos poden ser especialment greus en fonamentacions d'habitatges però també en murs i piscines.

### 7.1.1.3 Susceptibilitat del vessant

En la zona d'estudi s'han observat diversos indicis associables a moviments de vessant relacionats amb lliscaments superficials lents, anomenats reptacions o creep. Aquests moviments, es caracteritzen per tenir una distribució força aleatòria i estan condicionats per diversos factors, com són la susceptibilitat litològica a desenvolupar-los, el pendent i la presència d'aigua en el subsòl. El comportament d'aquests lliscaments serà molt diferent en funció de si el moviment es dona en un sòl o en una roca.

En el cas dels lliscaments superficials en sòls, l'angle de susceptibilitat límit del pendent, depèn de la fracció granulomètrica, de la plasticitat de les argiles i de la cohesió, podent sintetitzar aquests paràmetres en el quadre següent.

Taula 70: Angle de susceptibilitat de sortida d'esllavissades.

Litologia	Pendent
Tarteres, i en general unitats clàstiques no cohesives	> 30°
Unitats argiloses en general	>25°
Formacions superficials argiloses plàstiques	>15°

Per tal que es generi aquest moviment, cal esgotar la resistència al tall del sòl, formant el que s'anomena un pla de lliscament. En el cas de les reptacions, aquest pla de lliscament no es forma sinó que el terreny adopta un comportament visco-plàstic, que genera una fluència del material. Aquest tipus de moviments poden afectar principalment els trams més alterats de les unitats Pml, Tm2 i el dipòsits quaternaris de la unitat QPac, sobretot en la seva fracció més argilosa.

En el cas de lliscaments superficials en roca, aquests es donen a través d'una superfície de discontinuïtat, que pot ser tant un pla d'estratificació o una o diverses diàclasis, o una combinació d'elles (lliscament planar i en falca). En aquests casos, el lliscament es produeix per l'esgotament de la resistència al tall del pla o plans de discontinuïtat que es mobilitzen, sempre i quan el moviment presenti una orientació favorable i un pendent inferior al del vessant. Aquests tipus de moviments es poden donar sobretot en els materials de la unitat Tm2, on el sentit del cabussament

de l'estratificació es posa quasi paral·lela al pendent del vessant, tot i que no s'han observat casos.

Segons la valoració prèvia realitzada en l'informe de l'ICGC del 2013 i les dades obtingudes en el present estudi, la susceptibilitat per moviments de vessant afecta les zones amb més pendent de del sector Alt de Can Castanyer, el límit sud-oest del sector de riells del Fai i a la zona del centre cívic de Riells (figura 64).

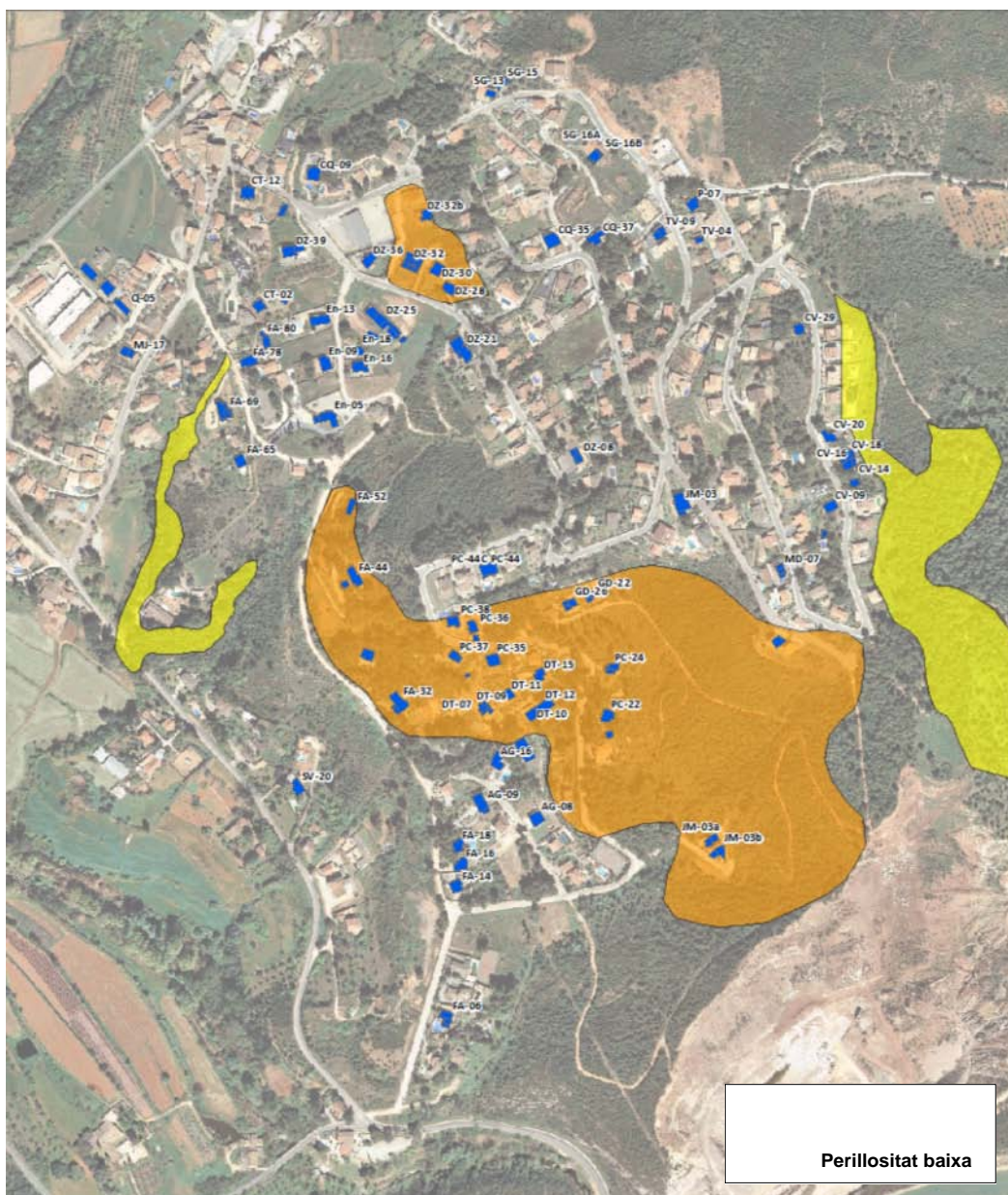


Figura 64. Mapa de perillositat moviments de vessant.

Per tots els casos, cal considerar que la majoria les estructures de contenció utilitzades en les diferents parcel·les no estan dissenyades per suportar moviments d'aquestes característiques, tal i com evidencien els indicis observats, ja que el seu principal objectiu és la contenció de terres de l'extradós de mur i no l'estabilització de moviments de vessant.

## **7.1.2 Factors constructius**

### **7.1.2.1 Assentaments diferencials**

Una de les patologies més comunes és la provocada per un assentament diferencial entre dos punts d'una estructura. En funció de la distorsió angular que es genera entre els dos punts, aquesta pot no ser assimilable per l'estructura, provocant l'aparició de fissures.

En el cas dels habitatges, aquest assentaments diferencials generalment es donen al recolzar la fonamentació en materials amb característiques geotècniques prou diferenciades i s'agreuja especialment si una de les fonamentacions està recolzada en un substrat rocós, ja que l'assentament en aquest punt serà pràcticament nul, de manera que no podrà compensar l'assentament de l'altra fonamentació. Aquests errors en el disseny de la fonamentació normalment es donen per defectes en la informació geotècnica (nul·la o insuficient). En un cas límit, fins i tot una llosa de fonamentació no pot resoldre aquesta situació, ja que poden bascular d'una manera generalitzada o trencar-se per flexió.

### **7.1.2.2 Mètode constructiu**

Els casos d'assentaments diferencials en edificacions són molt comuns en zones amb pendent, com és el cas de moltes urbanitzacions. Els vessants naturals, generalment estan formats per un substrat dur o rocós i una capa superficial d'alteració desenvolupada damunt d'aquest substrat o un dipòsit col·luvial, més compressibles. En realitzar l'excavació per a la fonamentació o l'esplanació de la parcel·la, normalment queda un tram de terreny compressible més potent la part situada pendent avall, cosa que genera un comportament diferencial de la fonamentació entre els dos punts extrems. En funció del valor de la distorsió angular que es generi, es poden produir patologies en l'estructura (figura 65).

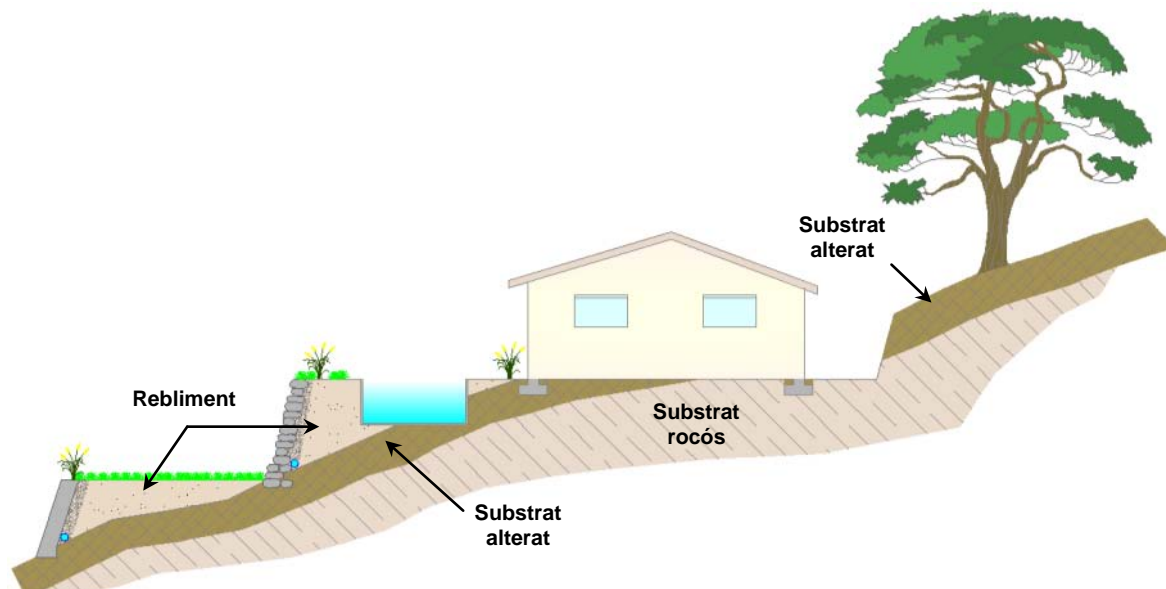


Figura 65. Exemple de mètode constructiu en zones de pendent, on s'excava en el costat muntanya i es reomple en el costat vall, per obtenir una esplanada per implantar l'habitatge.

Aquests casos, poden ser més greus si el que es fa és augmentar la superfície plana de la parcel·la excavant en el costat de muntanya i reomplint en el costat pendent avall. Si la fonamentació no s'encasta en el substrat, els assentaments diferencials seran molt importants ja que els rebliments de terres in situ, tal i com s'ha comentat anteriorment, generalment no presenten una compactació adient i no estan formats per materials que puguin utilitzar-se com a rebliment estructural, és a dir, com un rebliment apte per a fonamentar-hi amb utilització de sòls seleccionats i adequats, compactació segons normativa, control de qualitat, etc., generant importants assentaments tant a curt com a llarg termini.

En l'àmbit d'estudi, una gran part dels sectors es troben en zones de pendent, de manera que en molts casos s'ha recorregut a aquest mètode constructiu per tal d'aconseguir el màxim d'esplanació possible de la parcel·la.

### 7.1.2.3 Estructura

Un altre factor que pot donar lloc a l'aparició d'assentaments diferencials és l'heterogeneïtat en la transmissió de càrregues al terreny. Uns fonaments resoltos per elements aïllats que transmeten càrregues molt diferents i amb formes molt diverses (sabates quadrades en el centre de l'edifici i en faixa a les vores), encara que tots els elements transmetin la mateixa tensió, poden comportar deformacions molt diverses entre punts d'aquesta fonamentació i crear un quadre de patologies per deformació diferencial. Si un fonament correbut ha de traslladar el doble de càrrega que un

altre d'adjacent, i si els dos fonaments es dimensionen perquè les pressions de contacte siguin les mateixes, la seva amplada haurà de ser el doble i el seu assentament per tant, també ho serà.

## **7.2 Factors desencadenants**

Els factors que controlen els moviments del terreny són aquells que són capaços de modificar les forces internes i externes que actuen sobre el terreny i generalment són els responsables tant de la magnitud com de la velocitat dels moviments. Aquests factors poden tenir un origen natural com antròpic, essent aquests últims els més fàcils de controlar.

### **7.2.1 Aigua en el medi**

L'aigua que s'infiltra en el medi és el principal factor desencadenament de moviments en el terreny, com poden ser els moviments de vessant, inflaments, col·lapses, etc. Aquests moviments dependran de les característiques litològiques, de la geomorfologia del terreny i de la presència d'altres factors externs (p.e. sobrecàrregues) i la seva resposta enfront a un canvi en el règim hídric dependrà del tipus de fenomen que es desenvolupi i del volum d'aigua que s'infiltri. La procedència d'aquesta aigua pot tenir orígens diversos, podent separar aquest origen en dos grans grups: una procedència natural i una antròpica.

En el primer cas, la principal font d'aigua que pot generar inestabilitats en el terreny correspon a l'aigua d'infiltració procedent de la precipitació. Aquesta precipitació està regulada per diversos factors meteorològics i climàtics, que condicionen tant el volum, la intensitat com la distribució de les precipitacions. L'altra aportació d'aigua d'origen natural és la procedent del nivell freàtic del subsòl que pot provocar afectacions en el terreny si es produeixen variacions importants en la seva cota.

En el segon cas, les causes d'aportació d'aigua d'origen antròpic en el terreny són diverses, però es poden resumir en:

- Fuites en les xarxes d'abastament, baixants i col·lectors
- Fuites en piscines, cisternes i fosses sèptiques
- Reg intensiu de zones verdes i jardins

#### **7.2.1.1 Precipitació**

Bigues i Riells té un clima mediterrani de muntanya i segons l'índex d'humitat de Thorntwait es classifica a cavall entre sec subhumit C1 i subhumit C2. La precipitació mitja anual és de 650 a 700 mm, un regim pluviomètric estacional TPEH, es a dir, que el màxim de precipitació es dona a la tardor i té un dèficit hídric anual de 100 a 200 mm.

Es disposen de els dades de pluviometria de dues estacions meteorològiques: estació de Caldes de Montbui del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) i l'estació d'un particular situada al carrer de Quintana, 49 de Riells del Fai (taula 71). Aquesta darrera pertany a la xarxa d'estacions automàtiques Meteoclimàtic<sup>3</sup> i disposa d'un segell de qualitat destacada atorgada per aquesta associació.

*Taula 71: Precipitacions acumulades mensuals superiors a 100 mm/mes enregistrades per l'estació del SMC de Caldes de Montbui i en l'estació de Riells.*

<b>Any</b>	<b>Mes</b>	<b>Estació SMC Caldes (mm)</b>	<b>Estació Riells (mm)</b>
2007	Abril	118	127.1
2007	Octubre	sense dada	101.9
2008	Maig	102	131.2
2008	Juny	112	130
2008	Octubre	49.5	103
2009	Abril	69.5	99.7
2009	Setembre	47.4	103.4
2010	Maig	218.1	125.2
2010	Octubre	88.9	136.5
2011	Març	166.1	193
2011	Novembre	205.2	190.7
2012	Octubre	106.9	156.2
2013	Març	84.1	98.9
2013	Abril	93.5	123.8
2013	Setembre	64.7	147.6
2014	Setembre	102.5	195.6
2014	Novembre	112.4	131.3

---

<sup>3</sup> <http://www.meteoclimatic.net/mapinfo/ESCAT>

### 7.2.1.2 Nivell freàtic i aigües subterrànies

Durant la realització dels sondatges de reconeixement geotècnic no es va detectar la presència de nivell freàtic en cap de les zones estudiades i en la recopilació d'estudis geotècnics tampoc no es fa referència d'haver detectat l'existència d'un nivell freàtic, en les prospeccions realitzades. Malgrat tot, degut a la presència de fonts i a l'existència d'antecedents d'aigua en el terreny, es va procedir a instal·lar 4 piezòmetres oberts per detectar en un futur la seva possible aparició i evolució, fet que es va produir a partir de la lectura realitzada el de de setembre de 2015 (taula 72).

Taula 72: Piezòmetres instal·lats i registres del nivell freàtic

Piezòmetres oberts							
Sondatge	Cota inici (msnm)	Coordenades UTM (ETRS89)		Profunditat (m)	Profunditat nivell freàtic (m)		
		X (m)	Y (m)		Fins el 10/06/2015	08/09/2015	05/10/2015
SR-03	325,00	433451,44	4616519,29	18	No detectat*	14.46	14.48
SR-04	307,00	433368,29	4616361,19	18	No detectat*	*	*
SR-06	291,00	433292,53	4616243,81	18	No detectat	No detectat	No detectat
SR-13	276,00	433551,66	4615890,45	13	No detectat	No detectat	No detectat

\*En el cas dels sondatges SR-03 i SR-04, entre el 23/04 i el 08/09 no es disposa de lectures ja que es van cobrir amb terra de forma accidental durant unes tasques de condicionament del terreny realitzades per part de l'ajuntament. Tot i descobrir-se, l'SR-04 torna a estar cobert i no es pot mesurar.

El sector de Riells és l'únic sector afectat per patologies on es coneix popularment l'existència d'aigua subterrània, que s'evidencia per la presència de la Font de l'Alzinella. La presència d'aigua en el subsòl en aquesta zona també s'ha detectat en altres punts:

- durant les obres de construcció de l'edifici del Centre Cívic de Riells, en l'excavació de la fonamentació es va detectar la presència d'aigua en forma de surgències puntuals que es van haver de canalitzar. Amb tot, no s'ha pogut obtenir més informació ni fotografies d'aquestes surgències d'aigua. Segons l'ajuntament, existeix un pas d'aigua canalitzat des de la part alta de Riells que passa pel lateral del Centre Cívic. Aquesta canalització recull aigua de pluja i la porta fins a la riera, en alguns trams de manera superficial i en altres canalitzada. Pel lateral del centre cívic passa canalitzada i quan travessa el carrer torna a anar en superfície. Segons l'estudi geotècnic realitzat [ref] els materials on es van produir les surgències correspondrien a la unitat Pml.
- en l'habitatge del carrer Doctor Zamenhof núm.X, prop del Centre Cívic, durant l'execució d'una excavació per a la instal·lació d'una cisterna per a recollir l'aigua de la pluja, es va

interceptar una zona de flux preferencial d'aigua a uns 2.5 m de profunditat a la cantonada sud-est de l'habitatge, cosa que va obligar a tapar l'excavació i abandonar la construcció de la cisterna. Segons la cartografia geològica realitzada i l'estudi geotècnic consultat [ref], la surgència d'aigua estaria en els materials de la unitat Pml.

- en una antiga masia actualment en runes (ca la Maria), situada entre el carrer Doctor Zamenhof i Font de l'Alzinella, hi havia un pou d'uns 6 m d'on s'extreia aigua (actualment tapat), a una profunditat d'uns 2-3 m. Segons la posició del pou i la cartografia geològica realitzada el nivell freàtic estaria en la unitat Pmb.
- a principis de 2010 es van dur a terme les obres de reparació de la canalització de l'aigua del torrent de l'Alzinella, entre els carrers Zamenhof i Enamorats, amb la instal·lació d'un tub soterrat de polietilè corrugat.

En els altres sectors afectats per patologies de l'àmbit estudiat, no es coneix l'existència d'un nivell freàtic i en les fitxes de l'inventari de patologies no hi ha cap habitatge que presenti un pou per extreure aigua. En aquest sentit i tot i ser una excepció, al sector Baix de Can Castanyer, a la parcel·la del núm. 32-36 del carrer Font de l'Alzinella hi ha un pou d'aigua de 43 m de profunditat excavat en els materials de la unitat Tm2 que es troba completament sec i que, segons els propietaris, mai ha tingut aigua.

### **7.2.1.3 Afectació de l'aigua en el medi**

L'aportació d'aigua sobre el terreny genera fluxos superficials i subterranis, incrementant el contingut d'aigua en la zona no saturada i provocant un ascens del nivell freàtic. En el cas dels vessants naturals i en els talussos excavats, la circulació d'aigua d'infiltració afecta la seva estabilitat ja que disminueix la resistència del terreny i augmenta les forces desestabilitzadores. En el cas de rebliments i terrenys poc compactats, es pot provocar un rentat de la fracció fina terreny, generant assentaments superficials i col·lapses. Tots aquests efectes tenen una repercussió directa en les estructures que hi estan interactuant, ja siguin murs, fonamentacions d'habitatges, piscines, paviments, etc.

Altres factors a considerar afavorits per la presència d'aigua, són els processos de meteorització i alteració dels materials rocosos (ja siguin roques toves o dures), que provoquen canvis en l'estructura i en la composició mineralògica dels materials, en un procés de degradació cap a uns sòls geotècnics i una disminució del valor dels paràmetres geotècnics. La velocitat de transformació estarà condicionada per l'exposició però sobretot per la composició de la roca, però en general es tracta d'un procés lent.

En el cas de les argiles expansives, els canvis en el contingut d'aigua del terreny provoquen canvis de volum en les argiles en forma d'inflaments i retraccions, generant en alguns casos pressions importants. Com ja s'ha comentat anteriorment, la capacitat de contracció i expansió vindrà determinada pel contingut en argila, la mineralogia, i la fàbrica.

Les principals afectacions produïdes per l'aigua en el medi per a cada cas considerat, es presenten a la taula següent (taula 73):

*Taula 73: Principals afectacions produïdes per la presència d'aigua en el subsòl en funció del cas considerat*

<b>Talussos i vessants</b>	<p>Reducció de la resistència al tall al disminuir la tensió normal efectiva</p> <p>Augment del pes del material per saturació.</p> <p>Augment de la pressió exercida sobre les esquerdes de tracció, facilitant la inestabilitat.</p> <p>Erosió interna pel flux ja sigui superficial o subterrani. Arrossegament i rentat de materials tous o poc consolidats.</p> <p>Descalçament de murs i fonamentacions d'habitatges.</p> <p>Increment de les empentes per la pressió d'aigua a l'extradós del mur.</p> <p>Obertura de discontinuïtats degut a la congelació de l'aigua.</p>
<b>Rebliments i terrenys poc consolidats</b>	<p>Erosió interna pel flux ja sigui superficial o subterrani. Arrossegament i rentat de materials tous o poc consolidats.</p> <p>Generació d'assentaments i col·lapses superficials.</p> <p>Descalçament de murs i fonamentacions d'habitatges.</p> <p>Descalçament de capes de materials més competents</p>
<b>Terrenys expansius</b>	<p>Incorporació d'aigua en l'estructura de les argiles provocant el seu inflament i la retracció en la fase de dessecació.</p> <p>Possible generació de pressions importants durant el procés d'inflament</p>
<b>Paviments i carrers</b>	<p>Erosió interna per flux subterrani. Arrossegament i rentat de materials tous o poc consolidats per sota dels paviments.</p> <p>Generació d'assentaments i col·lapses superficials.</p>

De l'històric de patologies de l'àmbit d'estudi i de les fitxes facilitades pels propietaris afectats, se'n desprèn que hi ha hagut en diverses zones i de forma més o menys continuada infiltracions d'aigua en el terreny degudes a fuites en piscines, fosses sèptiques i puntualment en la xarxa de clavegueram. El domini de zones verdes i jardins en tot l'àmbit d'estudi, també afavoreix la infiltració d'aigua en el terreny, procedent tant del reg com de la precipitació.

### 7.2.2 Sobrecàrregues

La construcció d'un edifici, d'un mur o l'execució d'un rebliment de terres implica entre d'altres, la transmissió d'una sobrecàrrega al terreny damunt del que es recolzen. Aquest terreny pot mantenir-se immòbil si no hi actua cap força que impliqui un canvi en el seu equilibri intern, però en el moment d'aplicar-hi una sobrecàrrega, s'obté sempre una resposta del terreny.

Si la tensió transmesa és superior a la resistència del terreny (tensió de trencament o d'enfonsament) es pot produir la seva ruptura originant patologies severes a les estructures o grans deformacions en els rebliments. En general i amb un correcte disseny, la resposta del terreny enfront una sobrecàrrega serà una deformació d'aquest, que implicarà un assentament de l'estructura i/o rebliment, proporcional a la magnitud de la tensió transmesa i inversament proporcional a la rigidesa del terreny.

En les zones amb pendent, la tensió transmesa per una sobrecàrrega generarà una component paral·lela al pendent del vessant, de manera que afavorirà la inestabilitat dels terrenys susceptibles a desenvolupar moviments de vessant.

En l'àmbit d'estudi no s'han observat indicis de fonamentacions que hagin superat la tensió de trencament del terreny, però sí que s'observen nombroses parcel·les situades en zones de pendent on les unitats Pml i Tm2lg són susceptibles a desenvolupar moviment de vessant i dels que s'han inventariat nombrosos indicis (figura 64)

### 7.2.3 Canvis en la geometria en el vessant

Els processos d'urbanització del territori tenen una relació directa amb el desenvolupament d'esllavissades i inestabilitats sobretot en zones de muntanya o amb pendents elevats (figura 66).

Les excavacions en els vessants i els rebliments generen canvis en la topografia original que afecten de forma significativa en les condicions inicials del terreny, com són el seu estat tensional (relaxació dels esforços de confinament i un increment de les tensions de tall) i una major exposició del material als agents climàtics. Aquests canvis en les tensions i en les propietats del terreny poden provocar la inestabilització dels talussos resultants i aquesta inestabilitat es pot veure agreujada en descobrir superfícies crítiques per la trencada com són la estratificació, fractures, diaclasat, plans de meteorització, etc.

Un exemple d'aquestes inestabilitzacions per canvis en la topografia del vessant és el cas de l'esllavissada que es va produir l'any 2006 en el sector de Riells del Fai durant l'execució d'un talús d'uns 5 m d'alçada en la parcel·la núm.X del carrer Doctor Zamenhof, que va provocar una afectació important en la zona de la rampa d'accés de parcel·la colindant (punt 5.2.2.2).

Com s'ha comentat anteriorment, gran part de l'àmbit d'estudi es troba en zones de pendent, recurrent a aquests mètodes constructius per tal d'aconseguir el màxim d'esplanació de la

parcel·la mitjançant l'excavació en el costat del vessant i el reompliment pendent avall, amb la construcció de murs (de rocalla, maons, formigó, etc.) per tal de contenir les terres i que en molts casos presenten nombroses patologies associades a moviments del terreny.

Les principals causes d'aquestes inestabilitats i de les patologies derivades, es deuen principalment a errors en l'anàlisi d'estabilitat del talús resultant (mala caracterització, angle inadequat, etc.) o a un error en el disseny del sistema de contenció (mala fonamentació, determinació de l'empenta, drenatge insuficient, etc.).

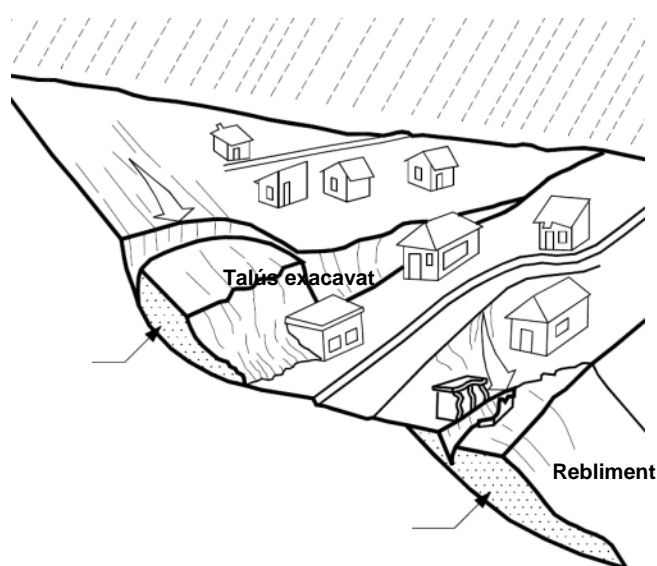


Figura 66: Esquema de processos d'inestabilitat (esllavissades i erosió) produïts pel retalussat i els rebliments en modificar el pendent i, per la circulació de l'aigua superficial.

#### 7.2.4 Vibracions

L'alliberament d'energia en les voladures de les explotacions mineres generen una sèrie d'ones de diferents característiques que es propaguen en totes direccions. Així, es propaguen ones internes y ones de superfície. Les ones internes es propaguen per el interior de los cossos y les de superfície ho fan principalment pels contorns dels cossos tot i que també es poden propagar per les interfases o discontinuïtats. De totes elles, les ones superficials tipus Rayleigh anomenades R, són les que reben la major part de l'energia i són les causants de danys a les estructures. Com a fenomen ondulatori, la variable de la velocitat de las partícules és la que millor es correlaciona amb els danys en edificis i estructures i així queda reflectit en les norma DIN 4150 on s'estableix valors màxims de velocitat de vibració en funció de la freqüència, per tal de que no s'observin danys en els diferents tipologies d'edificacions (comercials, habitatges, edificis, indústries)

Està àmpliament descrit en la bibliografia científica que les vibracions sobre el terreny que tenen un origen sísmic poden generar o activar diferents fenòmens com ara esllavissades. La inestabilització del terreny per efecte sísmic dependrà de la intensitat del sisme conjuntament amb d'altres factors topogràfics, geològics i hidrogeològics.

Els rebliments són molt susceptibles a esquarterar-se per efecte sísmic o a deformar-se vertical i horitzontalment patint assentaments diferencials (figura 67). Els principals problemes en rebliment associats a la sismicitat són els següents:

- Esquarterament degut a la manca de resistència a la tracció
- Assentaments per baixa densitat relativa (compacitat).
- Major susceptibilitat a la liquació que els sòls naturals.

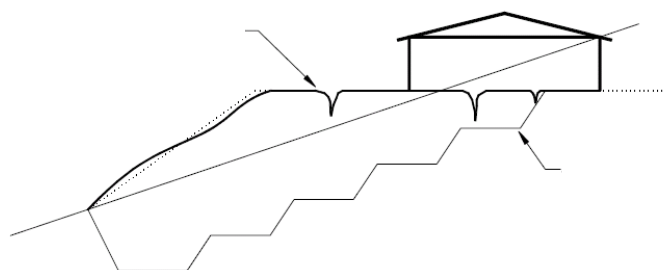


Figura 67: Fallades típiques d'un rebliment per efecte sísmic (Stewart, 1995)

Els registres consultats sobre les voladures realitzades a la pedrera can Margarit, abasten el període 1995-2015<sup>4</sup>, amb un total de 670 voladures realitzades. Els anys amb major nombre de voladures es situen en el període 1996-1998 el 2001 i el període 2005-2006, en els quals la mitjana és superior a 1 voladura per setmana i amb valors pic de 73 voladures pel 1998, 70 pel 2005 i 76 pel 2006. A partir del 2008, la freqüència és molt més baixa, amb una mitjana de l'ordre de 18 voladures per any (Figura 68). Amb els registres disponibles, s'ha obtingut una càrrega operant mitjana de 57 kg/barrinadura, amb un màxim de 125 kg/barrinadura<sup>5</sup> (figura 69).

<sup>4</sup> No es disposa de dades del 2007

<sup>5</sup> Es desconeix la longitud de les perforacions realitzades

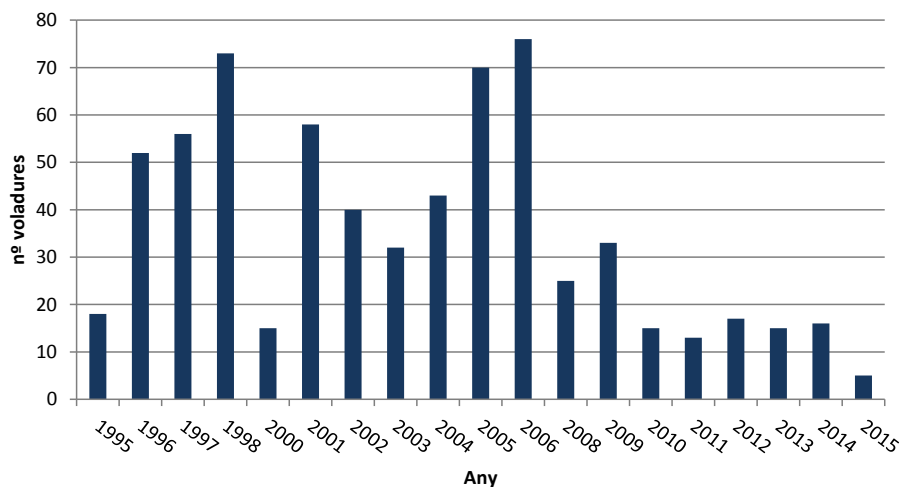


Figura 68: Nombre de voladures de la pedrera Can Margarit enregistrades dins del període 1995-2015<sup>6</sup>

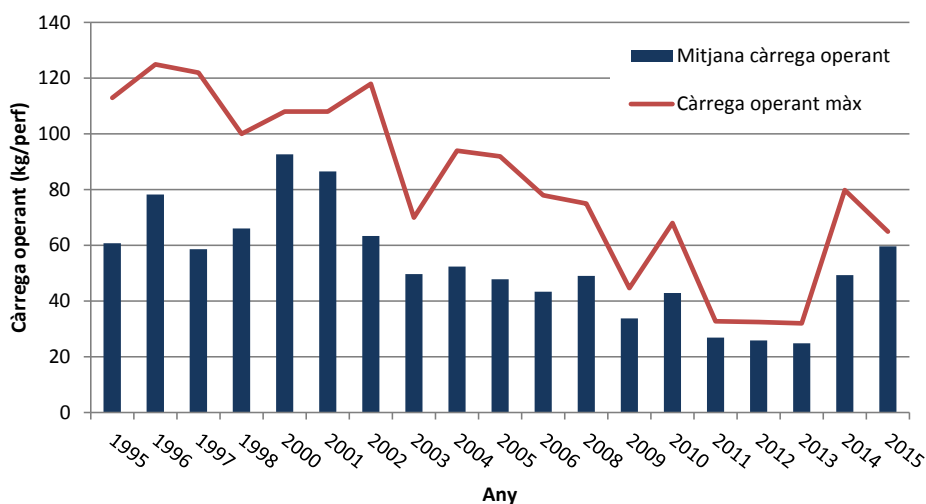


Figura 69: Càrrega operant mitjana i màxima de les voladures de la pedrera Can margarit pel període 1995-2015<sup>4</sup>.

De l'anàlisi del registre de voladures es desprèn que els punts de mesura seleccionats en cada voladura no han estat sempre els mateixos i que per cada voladura realitzada, només s'ha utilitzat un punt de mesura per determinar-ne l'afectació, de manera que és molt difícil poder establir relacions entre les diferents lectures obtingudes.

<sup>6</sup> No es disposa de dades de l'any 2007

Els punts amb velocitats mesurades més elevades (superiors a 4 mm/s), estan enregistrats dins de la zona urbanitzada del sector de Alt Castanyer i al començament dels Boscos de Can Riells (taula 67). El valor de velocitat més elevat correspon a la voladura del 07/04/2008, amb un registre de 5.90 mm/s, mesurada a la cruïlla dels carrers Pau Casals i Àngel Guimerà, a uns 260 m del possible front d'exploració, però cal destacar la voladura del 28/04/2006, amb un registre de 5.08 mm/s, a la parcel·la del carrer Trueta núm.X, situat aproximadament a uns 425 m del possible front d'exploració.

Taula 74: Lectures del registre de voladures amb velocitats enregistrades superiors a 4 mm/s, pel període 1995-2015

Data	Càrrega operant (kg/barrinadura)	Velocitat (mm/s)	Punt mesura
07/04/2008	75	<b>5,90</b>	<b>c/ Pau Casals – c/ Angel Guimerà</b>
07/01/2003	33	5,21	Can Vileu
17/04/2008	57	5,21	c/ Pau Casals – c/ Angel Guimerà
28/04/2006	59	<b>5,08</b>	<b>c/ Trueta núm. X</b>
09/05/1996	106	5,02	Can Vileu
31/01/2006	51	5,02	c/ Pau Casals – c/ Joan Miró
11/07/1997	63	4,89	Can Vileu
06/03/1996	85	4,32	Can Vileu
07/02/2006	44	4,32	c/ Pau Casals – c/ Joan Miró
13/01/2003	23	4,19	Can Vileu

En el registre de les voladures, s'ha observat una lectura amb data 6 d'abril de 2001, que presenta valors de velocitat anormalment alts, amb velocitats de 37.60 mm/s (transversal) 16.80 mm/s (vertical) i 34.50 mm/s (longitudinal), tot i que no s'especifica el punt on s'ha realitzat la mesura i es desconeix si es tracta d'un error en la transcripció.

Cal tenir en compte que les velocitats de les ones mesurades presenten una distribució molt variable, ja que depenen de múltiples factors:

- Distància de la voladura al punt de mesura
- Càrrega operant
- Efectivitat de la voladura
- Profunditat de la voladura
- Pla d'exploració (confinat, cara lliure)



## 8 Conclusions

### 8.1 Geologia i geotècnia

En l'àmbit de Riells del Fai, les dades obtingudes en les diferents campanyes de camp han permès identificar una estructura complexa, en el qual unitats geològiques estan afectades per un sistema general de plecs de direcció nord-est sud-oest i vergents cap el nord-oest, com a resultat d'una etapa compressiva que suggereix que corresponen al bloc inferior d'un encavalcament vergent cap al NO. Associades a aquesta fase compressiva s'observen diverses estructures d'ordre menor (plecs, encavalcaments) i estructures d'acomodació. En el cas del sector de Riells, es dedueix una estructura d'acomodació de direcció nord-oest sud-oest, associable a un encavalcament, no tant per la naturalesa compressiva sinó pel desplaçament que provocaria que la unitat Pmb es trobés damunt de la Pml, més jove i, posant en contacte lateral, els materials de les unitats Pml i Tm3cd.

Les diferents unitats geotècniques que formen el subsòl de l'àmbit d'estudi, presenten una gran variabilitat de comportaments geotècnics entre elles i en el cas de les unitats Tm2lg i Pml, en funció del seu grau de meteorització presenten canvis de comportament dins de la mateixa unitat (taula 75 i figura 69). Aquesta meteorització de les unitats Pml i Tm2lg, és la responsable de la seva transformació en un sòl i confereix a aquestes unitats una susceptibilitat al desenvolupament de moviments de vessant, com són reptacions i esllavissades superficials i en el cas de la unitat Pml un comportament de tipus expansiu, amb moviments d'inflament i retracció associats a canvis en la seva humitat.

Taula 75. Comportaments geotècnics observats en les unitats geotècniques identificades

Unitat geotècnica	Comportament geotècnic
QHt0_gsl	Sòl granular/cohesiu
QPac_bgsl	Sòl granular/cohesiu
Pvlc	Sòl dur/roca tova
Pml	Sòl cohesiu/Roca tova
Pmb	Roca
Tm3cd	Roca
Tm2lg	Sòl cohesiu/Roca tova
Tm1c	Roca

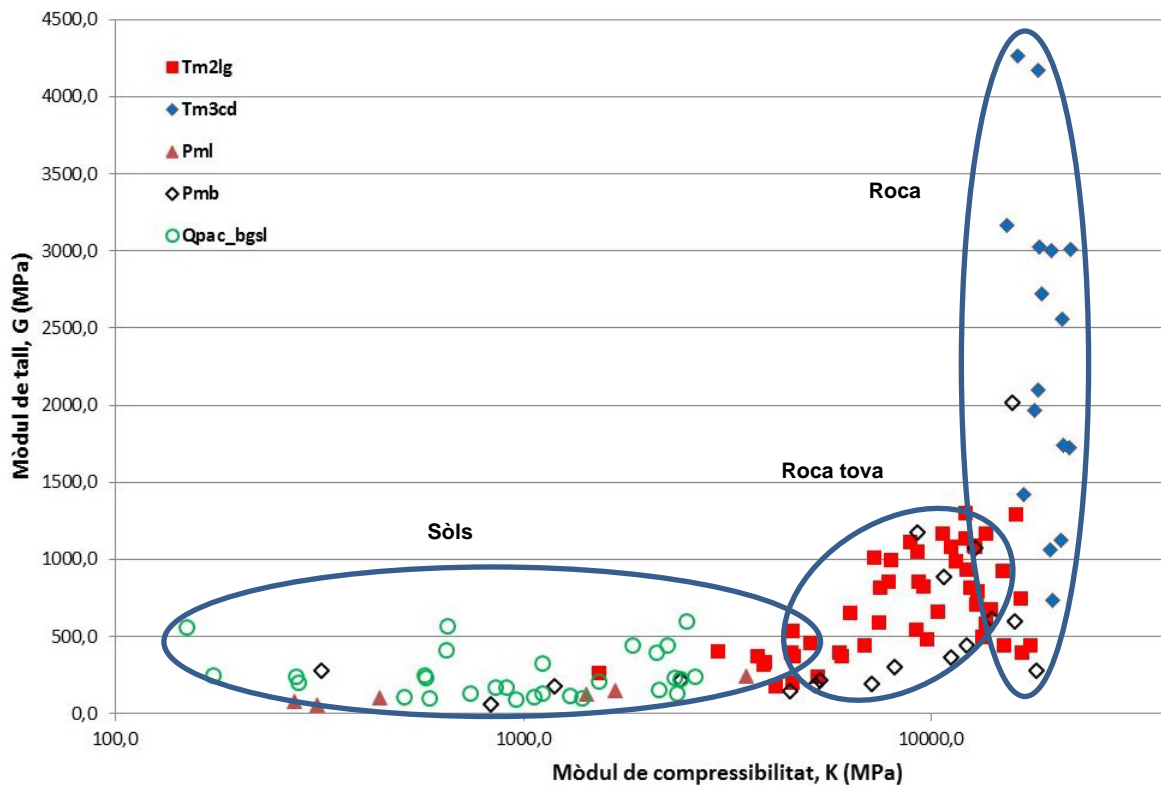


Figura 71: Relació entre el mòdul de tall G i el mòdul de compressibilitat K obtinguts amb la prospecció sísmica per a les diferents unitats identificades. S'observa la gran variabilitat de valors en les unitats Pml i Tm2lg, amb valors típics d'un sòl i d'una roca tova, que posen de manifest els diferents graus de meteorització que afecten aquests materials.

## 8.2 Patologies

El tractament de les dades obtingudes de les fitxes ha permès identificar que la majoria dels habitatges analitzats, un 86%, es troben afectats per una intensitat de dany entre no apreciable i lleuger (intensitat entre 0 i 2, segons Burland, J.B. (1977)), mentre que només un 14% presentarien una intensitat de dany entre moderat i sever (intensitat entre 3 i 4) (figura 36).

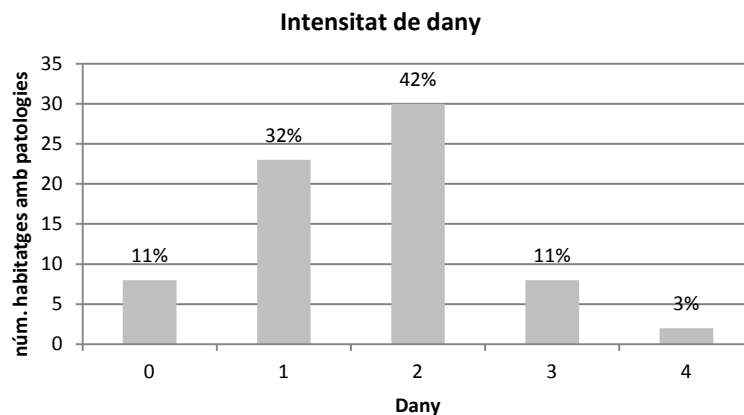


Figura 72: Distribució en percentatge d'intensitat de dany dels habitatges inventariats (71)

És destacable que dels habitatges que es troben dins del període 2000-2009, un 45% presenta una intensitat de dany 2 i 4 (figura 36). Aquest fet és remarcable, ja que en aquest període entren en vigor tant la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) (RD 38/1999, de 5 de novembre), com el Código Técnico de Edificación (CTE) (RD 314/2006 de 17 de març), que regulen, entre d'altres, tant la realització d'un estudi geotècnic que determini les propietats del terreny on es preveu fonamentar i detecti l'existència de materials o situacions susceptibles de generar patologies, com les exigències que han de complir els edificis en relació als requisits bàsics de seguretat i habitabilitat establerts en la LOE.

### 8.3 Causes i fenòmens

Els indicis observats en el reconeixement de camp i l'anàlisi realitzat de les patologies inventariades permeten concloure que no hi ha un sòl fenomen actuant que expliqui l'origen de totes les patologies, sinó que les causes de les patologies impliquen l'existència de diversos factors, que en la majoria de casos actuen de forma conjunta. El fet que la majoria de les patologies són evolutives i poques s'han aturat indica que aquests fenòmens són actius. Les causes i fenòmens identificats en l'àmbit d'estudi que condueixen es poden separar en dos grups en funció de l'origen: natural i antròpic (acció humana).

Les causes d'origen natural, s'atribueixen a les característiques geotècniques d'alguns materials concrets que es troben abastament al sector d'estudi que determinen el seu comportament enfront d'unes condicions determinades de canvi de les condicions del terreny (geometria i càrregues i canvi de la humitat en el sòl) i a la presència d'aigua natural en el terreny.

Aquests factors es corresponen amb:

- Expansivitat, detectada en els materials meteoritzats de la unitat Pml i en menor mesura en els trams menys meteoritzats de la mateixa unitat.
- Poca resistència al esforç de cisalla i deformabilitat alta, associada als trams més meteoritzats de les unitats Pml i Tm2lg i als rebliments de terres.
- Susceptibilitat a desenvolupar moviments de vessant, associat als trams més meteoritzats de les unitats Pml i Tm2lg.
- Caràcter evolutiu d'algunes de les litologies de les unitats Pml i Tm2lg.

La cartografia geològica i la caracterització geotècnica de les unitats identificades unida a la presència d'indicis de moviment del terreny i patologies d'edificacions, ha permès elaborar mapes de perillositat respecte a l'expansivitat del terreny (figura 46) i respecte a moviments de vessant (figura 64) (plànols 6.1 i 6.2, respectivament).

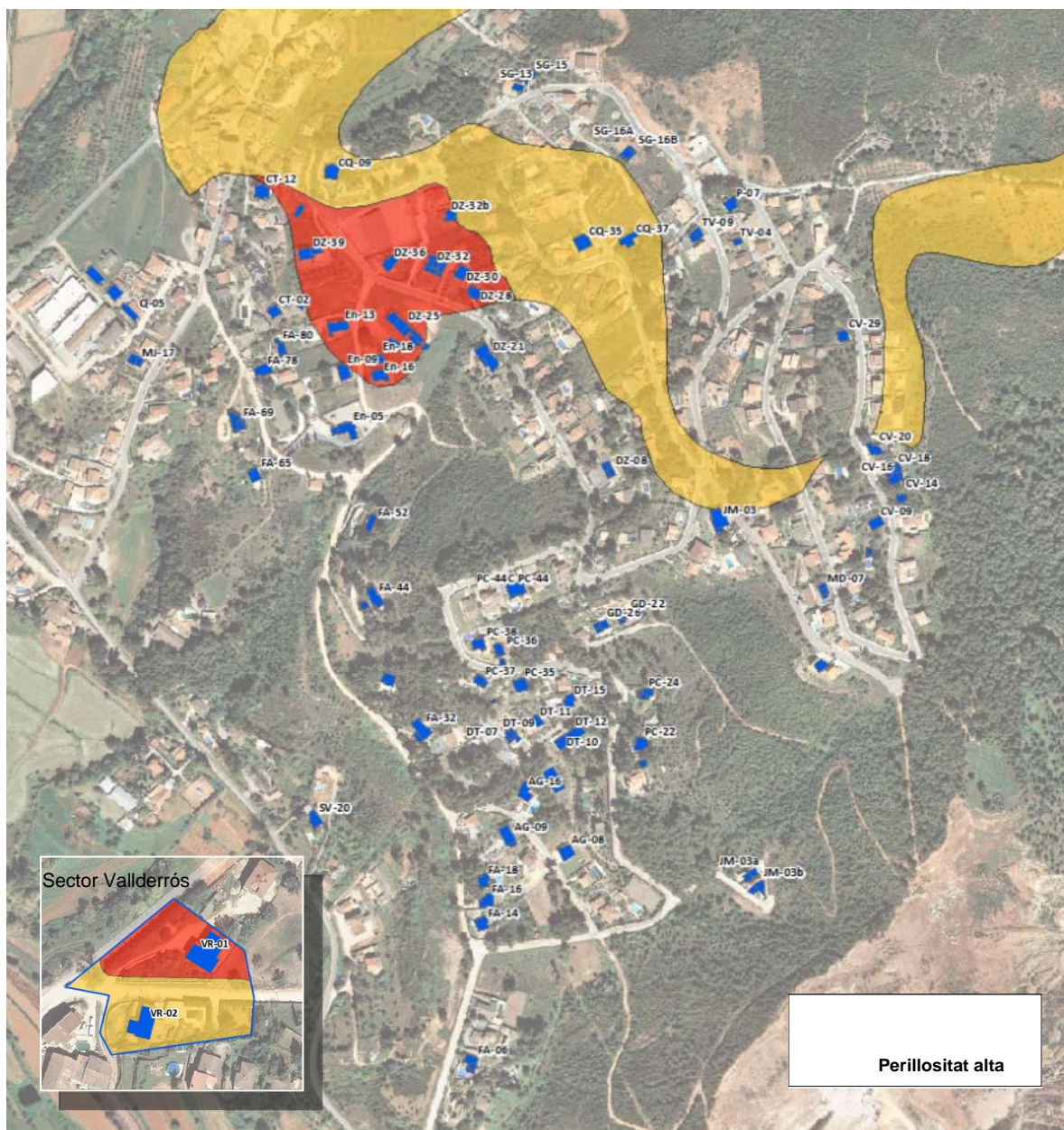


Figura 73. Mapa de perillositat per argiles expansives.

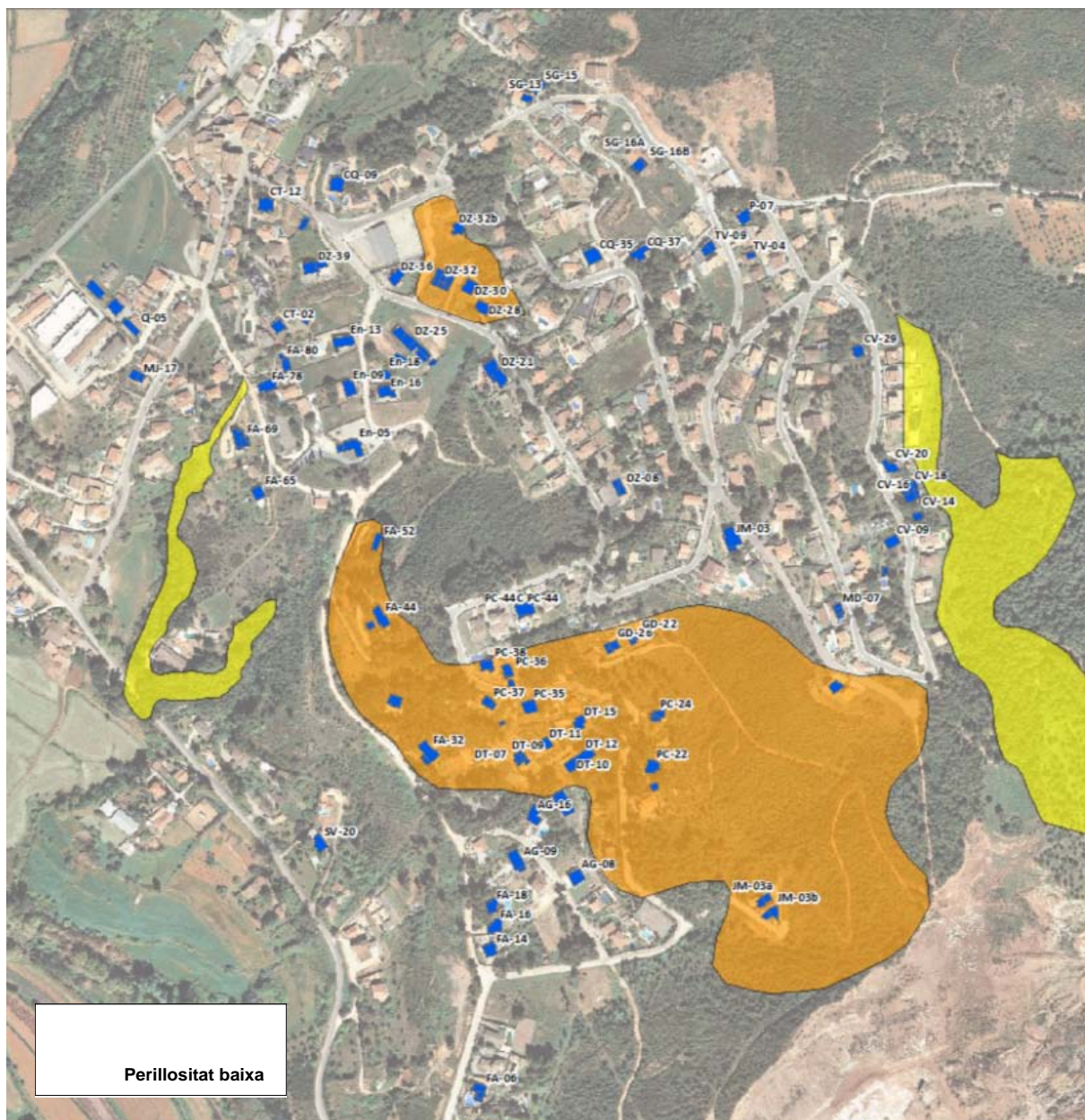


Figura 74. Mapa de perillositat moviments de vessant.

Les causes d'origen antròpic s'associen als següents elements, que inclou factors que tenen a veure amb:

- Conformació de les explanades per la construcció de les edificacions Presència de rebliments, fonamentacions en materials de diferents consistència.
- Construccions en zones amb fort pendent.
- Mal disseny d'elements geotècnics de les edificacions (murs i fonamentacions)
- Vibracions degudes a voladures.

- Aportació d'aigua no natural provinent de diversos elements (xarxes d'abastament, piscines, reg).

En les zones amb pendent dels diferents sectors estudiats, s'ha observat que és habitual la pràctica d'excavar al costat de muntanya i reomplir en el costat vall per obtenir una major superfície plana de la parcel·la. Com s'ha comentat en el punt 6 d'aquesta memòria, amb aquesta acció sovint es posa en contacte la fonamentació de l'habitatge damunt de dos materials amb comportaments geotècnics diferenciats, que poden donar lloc al desenvolupament d'assentaments diferencials i a una distorsió angular, el valor de la qual determinarà l'aparició de patologies en l'estructura (figura 65). En el cas dels murs, un disseny incorrecte, un drenatge insuficient o una fonamentació que s'encasti en el substrat rocós, provocaran patologies diverses que es poden propagar a través dels materials de rebliment, a altres estructures annexes com poden ser les piscines.

A aquest fet cal afegir que en alguns sectors ens trobem en presència d'argiles amb potencial expansiu (unitat Pm1), com és el cas del sector de Riells del Fai i sectors en que els materials presenten una susceptibilitat a desenvolupar moviments de vessant de tipus reptacions i esllavissades superficials (trams alterats de les unitats Pm1 i Tm2lg)

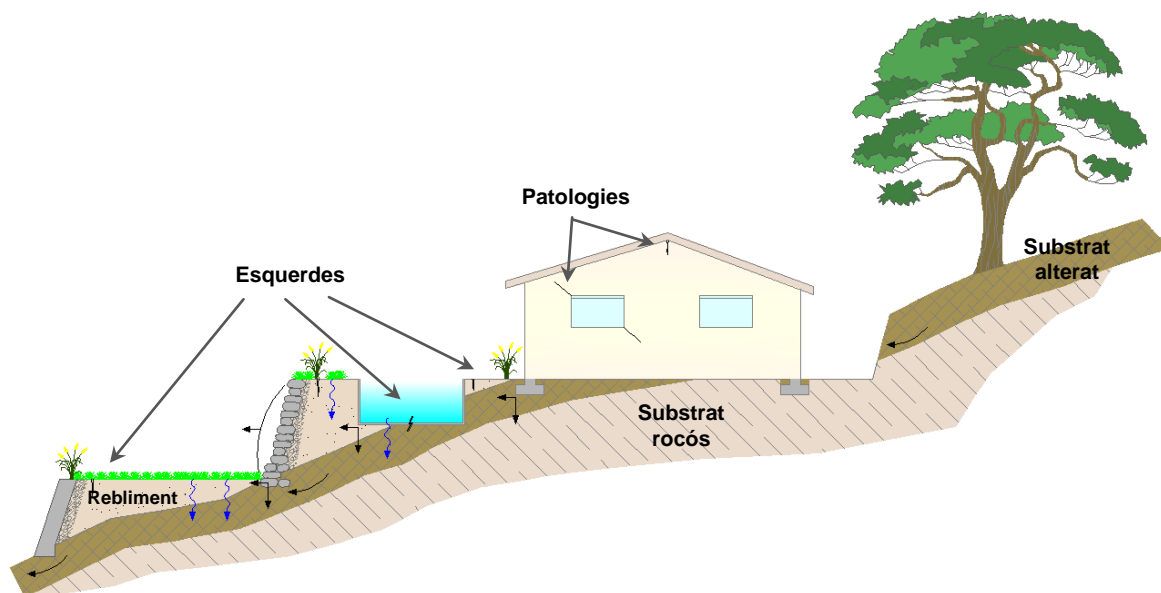


Figura 75. Exemple de mètode constructiu en zones de pendent, on s'excava en el costat muntanya i es reomple en el costat vall, per obtenir una esplanada per implantar l'habitatge. La presència de materials amb un comportament geotècnic diferenciat pot donar lloc a assentaments diferencials, bombament de murs i moviments del terreny a favor del pendent (fletxes negres), sobretot en presència d'aigua (fletxes blaves)

Aquests efectes en l'aplicació d'aquest mètode constructiu, estan àmpliament reflectits en la bibliografia tècnica, com és el cas de Australian Geomechanics Society<sup>7</sup>, que l'any 2007 va publicar una guia pràctica per la gestió del risc en zones susceptibles a patir esllavissades en el qual es defineixen les causes principals de les patologies associades a construccions en zones amb pendent i l'existència d'un substrat alterat i s'estableixen uns criteris constructius a per tal d'evitar aquests efectes (figura 76).

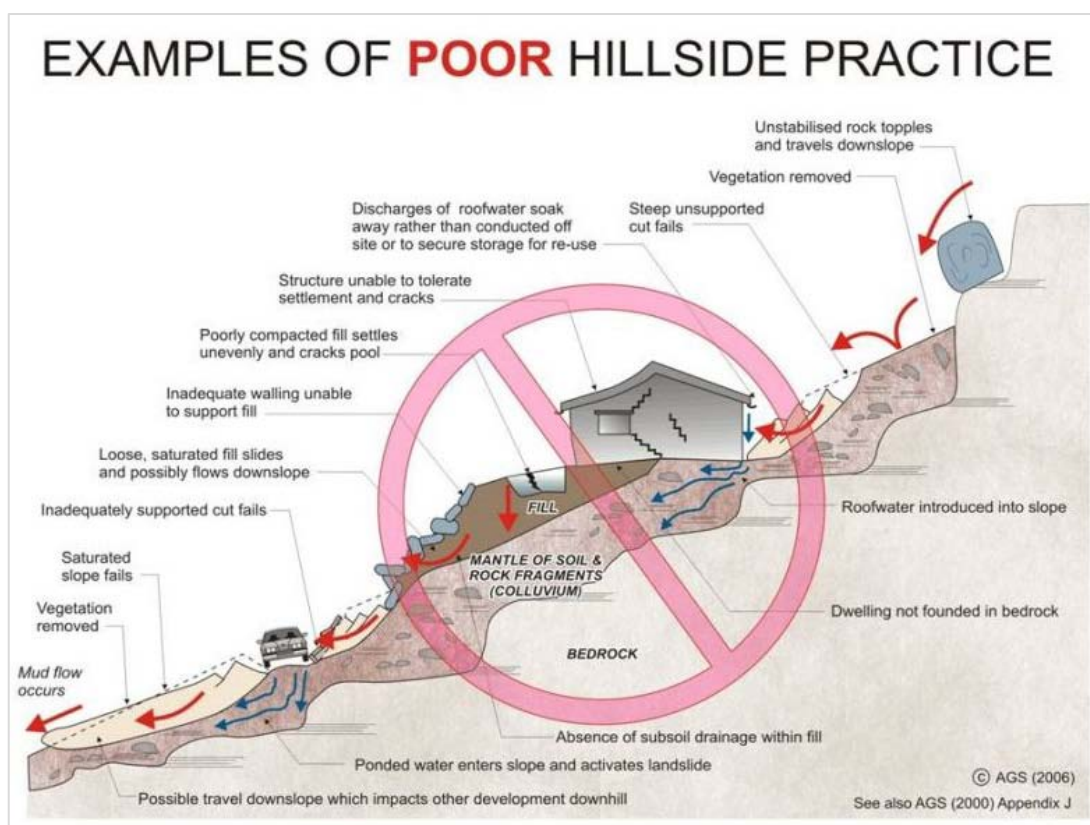


Figura 76. Exemple de moviments de vessant i patologies associades a la construcció en zones amb pendent, sense tenir en compte les característiques geotècniques dels materials i l'efecte de la infiltració d'aigua en el terreny. Extret del document "Practice Note Guidelines for Landslide Risk Management 2007" de l'Australian Geomechanics Society.

A continuació es presenta un resum que relaciona els diferents sectors considerats en l'estudi amb les principals causes i fenòmens identificats (taula 76).

<sup>7</sup> [www.http://australiangeomechanics.org/](http://australiangeomechanics.org/)

Taula 76.- Resum de les principals causes i fenòmens actuant en els sector d'estudi

Sector	Causa/Fenomen	Litologia	Observacions
Riells del Fai	Expansivitat argiles	Tram alterat unitat Pml	(Figura 77)
	Moviments de vessant		(Figura 78)
	Construccions en zones amb pendent	Unitat Pml /Rebliments	Afectacions a murs i fonamentacions
Alt de Can Castanyer	Expansivitat argiles	Pml	Molt localitzada a l'extrem nord. Potencial, no observada (Figura 79)
	Moviments de vessant	Tram alterat unitat Tm2lg / Rebliments	Reptacions i lliscaments superficials (Figura 80)
	Construccions en zones amb pendent		Afectacions a murs i fonamentacions
	Vibracions		Segons zonificació
Baix de Can Castanyer	Mètode constructiu	Tm2lg i QPac_bgsl	Casos particulars de rebliments i mala fonamentació
	Vibracions		Segons zonificació
Boscos de Can Riells	Expansivitat	Pml	Potencial, no observada (Figura 81)
	Moviments de vessant	Pml	Potencial, no observada (Figura 82)
	Construccions en zones amb pendent	Tm3cd i Pml	Afectacions a murs i fonamentacions
	Vibracions		Segons zonificació
Vallderrós	Expansivitat argiles	Pml*	(Figura 83)
	Moviment de vessant	Pml	Dipòsit d'esllavissada sense indicis de moviment
Can Prat-Can Boneto	Mètode constructiu	QPac_bgsl	Cas particular

\* correspon a un dipòsit d'una esllavissada formada per materials del Pml

Nota : S'han extret del present informe els plànols de Zonificació de les edificacions amb les intensitats de danys associats, per tal de complir amb la Llei de Protecció de dades.

Figura 77. Zonificació de perillositat per expansivitat en el sector de Riells del Fai. Es presenten les edificacions de l'inventari amb la intensitat de dany associat.

Figura 78. Zonificació de perillositat per moviments de vessant en el sector de Riells del Fai. Es presenten les edificacions de l'inventari amb la intensitat de dany associat.

*Figura 79. Zonificació de perillositat per expansivitat en el sector Alt de Can Castanyer. Es presenten les edificacions de l'inventari amb la intensitat de dany associat.*

*Figura 80. Zonificació de perillositat per moviments de vessant en el sector Alt de Can Castanyer. Es presenten les edificacions de l'inventari amb la intensitat de dany associat.*

*Figura 81. Zonificació de perillositat per expansivitat en el sector de Boscos de Can Riells. Es presenten les edificacions de l'inventari amb la intensitat de dany associat.*

*Figura 82. Zonificació de perillositat per moviments de vessant en el sector de Boscos de Can Riells. Es presenten les edificacions de l'inventari amb la intensitat de dany associat.*

*Figura 83. Zonificació de perillositat per expansivitat en el sector de Vallderrós. Es presenten les edificacions de l'inventari amb la intensitat de dany associat.*

## 8.4 Factors desencadenants

### 8.4.1 Aigua en el medi

Tal i com s'ha exposat en el punt 6, l'aigua és el principal desencadenant dels fenòmens associats a moviments de vessant, expansivitat i rentat de fins. En l'àmbit d'estudi s'han identificat diverses fonts d'aportació d'aigua al terreny, ja sigui de forma natural (precipitació, subterrània) com antropològica (baixants i col·lectors, fuites en piscines, cisternes i fosses sèptiques, reg de zones verdes i jardins).

Pel que fa a la presència d'aigua d'origen natural són les estructures geològiques d'ordre menor les que ofereixen un condicionant geotècnic afegit, ja que incrementen els efectes de la fracturació associada a aquests materials i faciliten l'alteració i meteorització per part de l'aigua i dels agents climatològics. En aquest sentit, en el sector de Riells del Fai, històricament s'han observat nombrosos indicis de circulació d'aigua subterrània en els materials argilosos del Pml que serien explicables per aportacions procedents de la unitat Tm3cd, que seria la unitat que per la seva naturalesa podria funcionar com un aquífer. Aquest fet estaria en concordança també amb l'existència de la Font de l'Alzinella i la presència dels dos torrents menors que són tributaris del riu Tenes. Aquest fet, es considera com a causa més plausible de la presència d'aigua subterrània, però no s'ha pogut constatar amb les dades disponibles, ja que requeriria de la realització d'un estudi hidrogeològic específic.

El sector de Riells és l'únic sector afectat per patologies en el qual no es coneix popularment l'existència d'aigua subterrània, que s'evidencia per la presència de:

- Existència de la Font de l'Alzinella.
- Els dos torrents tributaris del riu Tenes.
- La detecció de surgències d'aigua durant les obres del Centre Cívic i en una excavació en la parcel·la del carrer Doctor Zamenhof núm.X.

- L'existència d'un pou amb aigua a la masia de Ca la Maria (actualment segellat).
- Detecció de nivell freàtic en el sondeig SR-03.

Per part de l'Ajuntament de Bigues i Riells no s'ha constatat que hi hagi fuites en la xarxa d'abastiment d'aigua ni en el clavegueram. Malgrat tot les fuites són habituals en les xarxes d'abastament i caldria considerar-les com endèmiques.

La presència de zones esplanades i enjardinades, afavoreix la infiltració d'aigua en terreny, ja sigui d'aigua de pluja o bé del reg dels jardins. Gran part de la zona d'estudi està ocupada per parcel·les esplanades amb zones de jardí i vessants naturals amb vegetació de manera que la infiltració de l'aigua de la pluja i reg cap el subsòl, actualment és inevitable.

#### 8.4.2 Vibracions

A partir de les dades obtingudes amb els sismòmetres de l'ICGC pel període 2014-2015, es conclou que no hi ha cap zona habitada que estigui dins l'àrea on es pot assolir un pic de velocitat de vibració del terreny de 9 mm/s que és el líndar que estableix la Norma UNE 22.381 per edificis del grup II (habitatges). Segons la llei d'atenuació proposada, en els habitatges més propers a la pedrera s'espera un màxim de velocitat de vibració del terreny d'uns 5 mm/s. El valor màxim de la vibració del terreny que s'ha registrat durant aquest període és de 6.27 mm/s al sismòmetre SIS-2, que és l'emplaçament més proper a la pedrera.

La llei d'atenuació obtinguda de l'anàlisi de les dades dels sismòmetres de l'ICGC durant el període 2014-2015, s'ha aplicat al registre de voladures (1995-2013) per tal d'obtenir una zonificació de les velocitats esperades per voladures realitzades al llarg de tot el front d'explotació històric a partir del 1995 i considerant la màxima càrrega operant utilitzada, de 125.0 kg/barrinadura. En aquesta zonificació s'observa que el límit de la norma UNE 22.381 per a edificacions establert en 9 mm/s tindria afectació en els habitatges del carrer Joan Miró (JM-03a i JM-03b) (figura 84).

Amb tot s'ha de tenir en compte que hi ha dos registres històrics de velocitat que superarien en algun punt dels sectors de Can Castanyer o de Boscos de Can Riells, el líndar de 9 mm/s de la normativa vigent i que podrien haver generat patologies en els habitatges (taula 67).

Taula 77: Lectures de velocitat amb valors superiors a les mitjanes enregistrades

Data	Càrrega operant (kg/barrinadura)	Velocitat (mm/s)	Punt mesura
06/04/2001	50	37,60	Desconegut

28/04/2006	59	5,08	c/ Trueta núm. X
------------	----	------	------------------

A nivell d'afectació de les estructures cal tenir present que la Norma UNE 22.381 no té en compte els possibles efectes sobre les edificacions de les vibracions produïdes per voladures successives. Tracta cada voladura com un fenomen únic, sense mesurar el dany que es pot acumular a les estructures a causa de les voladures repetides al llarg del temps com és el cas que ens ocupa, amb un registre de 670 voladures entre el 1995 i el 2015 (dades del 2007 no disponibles).

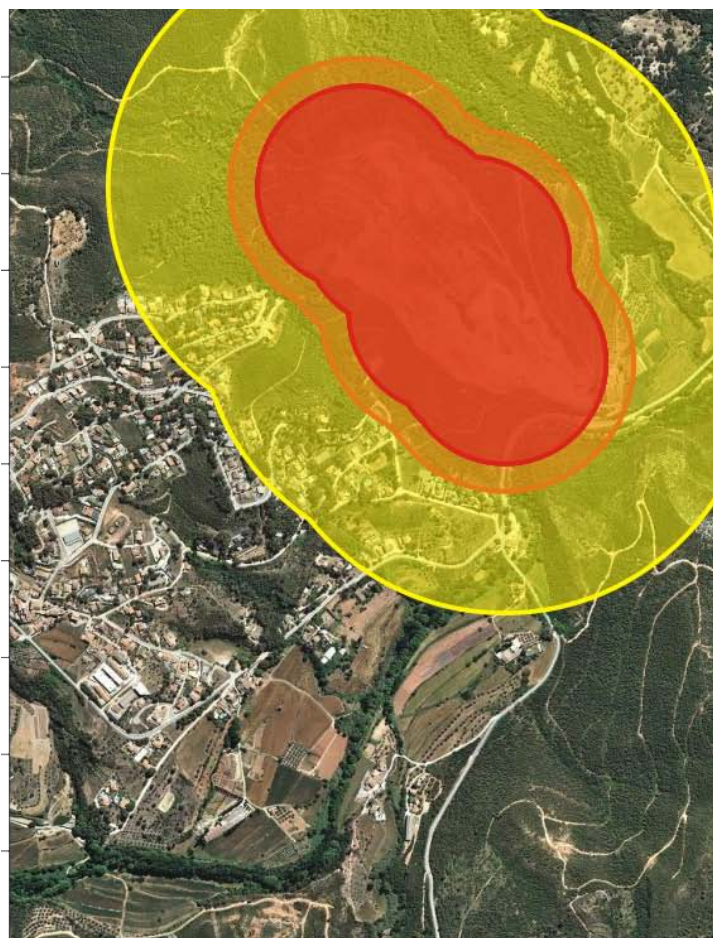


Figura 84. Àrees on es preveu que es superin els diferents líndars de la vibració del terreny (1, 5 i 9 mm/s) tenint en compte la llei d'atenuació calibrada i una càrrega màxima operant de 125 kg.

A nivell d'afectació del terreny, la sensibilitat enfront a les vibracions és més elevada i tot i que una vibració procedent d'un únic esdeveniment pot no produir danys visibles o desplaçaments importants en el terreny, la repetició successiva d'esdeveniments provocarà una acumulació de desplaçaments que es pot fer evident amb el pas del temps, sobretot en terrenys susceptibles a desenvolupar moviments de vessant (com és el cas dels trams alterats de les unitats Pm1 i Tm2lg) o en materials molt deformables (p.e. rebliments), que tenen una resistència molt menor a la de les estructures.

### 8.4.3 Fissurímetres

De l'anàlisi del registre dels 11 fissurímetres de corda vibrant instal·lats, s'observa que els majors desplaçament es detecten en el FCV-02 i el FCV-01 instal·lats en l'edifici del carrer Enamorats X. Les velocitats de desplaçaments són de 13.15 i 1.39 mm/any respectivament amb desplaçaments totals registrats de 9.54 i 1.11 mm, tot i que en la majoria són inferiors al mil·límetre i en molts casos es troben al líndar de la precisió de l'aparell.

També s'observen algunes tendències evolutives en els registres amb períodes de canvis en el comportament (obertura i tancament de les fissures). Aquests períodes poden ser simultanis en el

conjunt de fissurímetres situats en un mateix edifici però no s'observa una correlació temporal entre edificis.

En relació a les precipitacions no s'observa una resposta evident en els desplaçaments registrats després dels episodis de pluja ocorreguts durant el període d'auscultació.

## **8.5 Casos particulars**

### **8.5.1 Cas particular 1**

Els indicis observats i el sentit del moviment de les patologies indiquen l'existència de dos fenòmens actuants en aquesta parcel·la: uns moviments associats a l'expansivitat del tram alterat de la unitat Pml i un desplaçament de la part nova de l'habitatge en sentit del pendent. Aquest últim afectaria com a mínim fins el murs d'escullera, incloent, la plataforma on hi ha la piscina, el mur superior i el porxo amb els pilars (figura 85).

Segons el propietari de l'habitatge les esquerdes de la part antiga de l'habitatge tendeixen a obrir-se i a tancar-se periòdicament, mentre que les de la part nova han anat creixent de forma continuada. Per tant, la part antiga es trobaria afectada per moviments associats a expansivitat i la part nova i ja zona enjardinada, per un moviment de vessant.

Amb tot, el desconeixement del tipus i de la unitat de fonamentació tant de l'estructura com dels murs no permet establir si el moviment és en bloc o bé si està format per moviments d'ordre menor que es sobreposen i es propaguen d'est a oest. La presència de rebliments, d'argiles potencialment expansives i èpoques amb circulació d'aigua subterrània (segons els registres de la fossa sèptica) facilitarien la mobilització dels diferents elements. En aquest sentit, la posició dels murs i de la piscina, en relació a la distribució de les diferents unitats geotècniques implicaria que es troben recolzats damunt del nivell de rebliment.

Segons els registres dels fissurímetres instal·lats, el moviment actualment és actiu, amb els majors desplaçaments en el fissurímetre FCV-02, situat en el límit entre la part nova i l'antiga (figura 49).

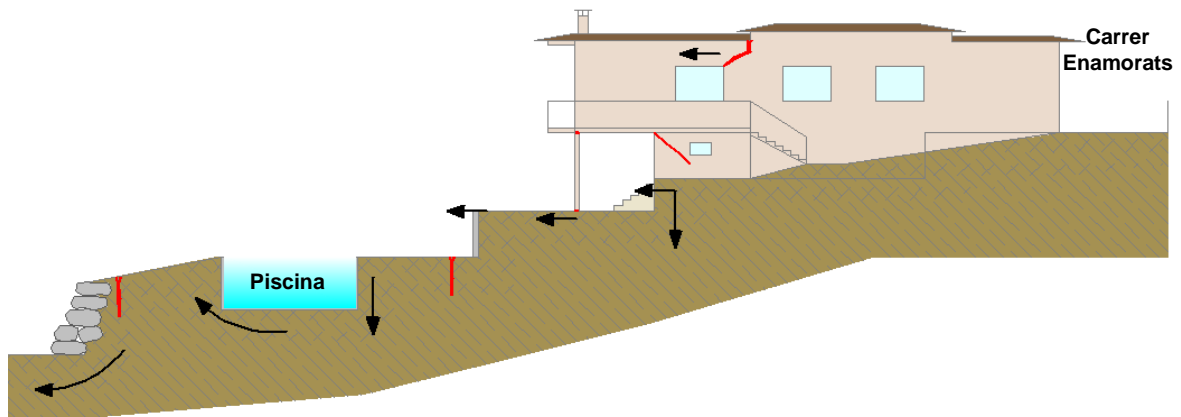


Figura 85. Esquema de la distribució de les principals patologies de l'habitatge del carrer Enamorats núm.X, associades a un moviment de vessant a favor del pendent. Les fletxes negres indiquen els desplaçaments i les línies vermelles les principals esquerdes observades.

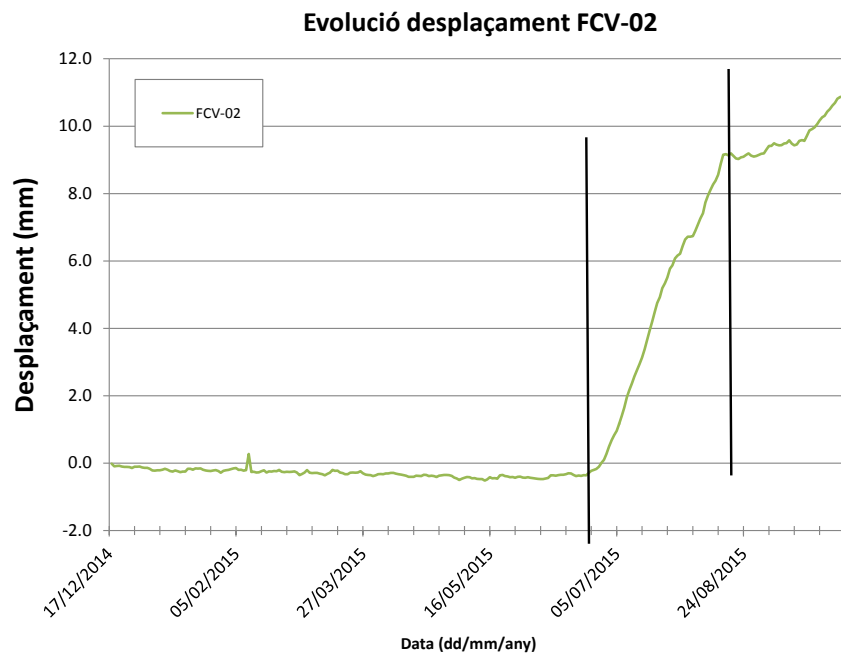


Figura 86. Evolució del desplaçament en el FCV-02 al llarg del període d'auscultació. Les línies verticals acoten el període entre el 23/6/2015 i 18/8/2015.

### 8.5.2 Cas particular 2

Els indicis observats i la distribució de les patologies indiquen un moviment de la part davantera de l'habitatge en sentit sud, ja que la part nord es troba micropilonada (tot i que se'n desconeix tant la profunditat com el nombre de micropilons) com a resultat de l'existència d'un nivell de rebliment de terres procedent molt probablement de la unitat PmI, ja que en l'estudi geotècnic realitzat es detecta un comportament expansiu.

Amb tot, no es coneix el nivell de fonamentació ni la distribució dels materials de la part davantera de l'habitatge, però tenint en compte els moviments la hipòtesi més plausible és que també es trobi recolzada total o parcialment damunt d'un rebliment o d'un tram meteoritzat de la unitat Pml. Els desplaçaments que s'observen en el mur que es troba per sobre la piscina també indiquen un moviment a favor del pendent, probablement per una fonamentació insuficient o per un substrat poc competent.

L'existència d'una possible circulació d'aigua subterrània paral·lela a la façana est podria agreujar aquests problemes, ja que mantindria saturats d'aigua tan el rebliment com el terreny natural, molt a prop del seu límit plàstic i afavorint la seva mobilització.

Pel que fa al registre dels fissurímetres, els resultats obtinguts no són concloents, ja el període d'auscultació es considera que no és prou llarg com per obtenir resultats representatius de l'evolució de les patologies.

### **8.5.3 Cas Particular 3**

Els indicis observats i la distribució de les patologies indiquen un moviment en el sentit del pendent (sud). Aquest moviment estaria relacionat amb un moviment de vessant a través d'un rebliment de terres detectat en els sondatges realitzats i que ocuparia la quasi totalitat de la part sud de la parcel·la i probablement relacionat també amb el tram alterat de la unitat Tm2lg. Aquest moviment també estaria afectant el mur que limita amb la parcel·la núm.28.

Amb aquesta hipòtesi, el recalçament mitjançant un micropilonatge, no estaria suportat les tensions de tall a la que es troba sotmès, ja que inicialment es devia dissenyar com a reforç de la fonamentació i no com a pantalla de contenció (amb un profunditat d'encastament d'uns 6 m del que se'n desconeix el nombre total de micropilons)

La part mobilitzada correspondria al part més antiga de l'habitatge que inclou el garatge, mentre que la part nova, fonamentada teòricament en roca, no s'estaria bellugant.

Els moviments observats no presenten un clar patró a incrementar els desplaçaments, sinó que s'han observat alguns tancaments relatius de les fissures, fet que també s'ha pogut constatar amb la comparació de les fotografies realitzades.

A la part de la piscina, els rebliments damunt dels que es recolza el mur i la pròpia piscina han provocat el seu deteriorament i que actualment estigui en un equilibri precari, per damunt de la parcel·la del carrer Font de l'Alzinella núm.X.