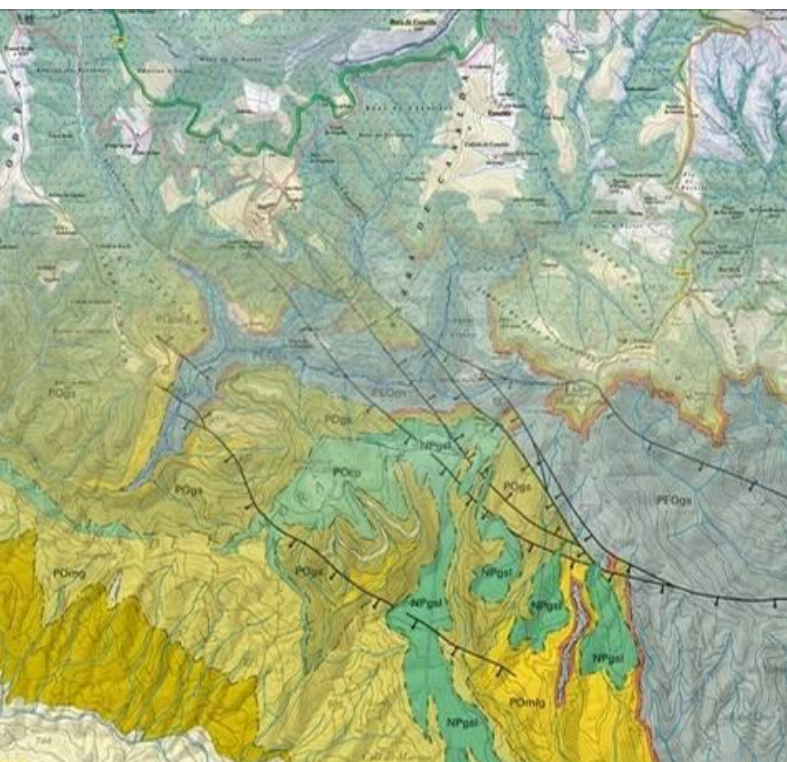




Estudi per a la Identificació de Riscos Geològics a Caldes d'Estrac (Maresme)

Codi: AP-0100/19

Desembre 2019

Contingut

1	Introducció i objectius	3
2	Determinació del risc geològic	5
2.1	Valoració de la magnitud	5
2.2	Valoració de la freqüència	7
2.3	Valoració de la perillositat	7
3	Context territorial	9
3.1	Marc geològic	11
3.2	Sismicitat	13
4	Anàlisi de perillositat	16
4.1	Moviments de vessant	16
4.2	Esfondraments	28
4.3	Fluxos torrencials associats a cons de dejecció	28
4.4	Inundabilitat	28
5	Conclusions i recomanacions	29

1 Introducció i objectius

A instàncies de la Subdirecció General d'Estratègies Territorials i Coneixement de la Secretaria d'Hàbitat Urbà i Territori s'ha procedit a la realització de l'Estudi d'Identificació de Riscos Geològics (EIRG) del municipi de Caldes d'Estrac (Maresme).

La delimitació de les àrees analitzades s'ha fet d'acord amb els plànols del planejament vigent facilitats per l'Ajuntament, inclosos en el Pla d'Ordenació Urbanística Municipal.

L'objectiu del present treball és identificar els sectors inclosos en el Planejament en els quals el risc geològic podria condicionar el seu desenvolupament.

Segons el que estableixen els articles 9 i 51 de la Llei 3/2012, del 22 de febrer, de modificació del text refós de la Llei d'Urbanisme, aprovat pel Decret legislatiu 1/2010, del 3 d'agost, i els articles 5, 59, 69, 72, 84 i 86 del Decret 305/2006 de 18 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament de la Llei d'Urbanisme, la tramitació i l'aprovació de les figures del planejament urbanístic han d'incorporar informació referent als riscos geològics. És per això que les recomanacions derivades de l'EIRG s'han de traslladar nítidament al planejament al qual acompanyen.

Segons la legislació vigent, el risc geològic és un dels factors que cal tenir en compte per a la planificació i la regulació urbanística. En alguns casos, l'aptitud del territori per a la urbanització està condicionada per l'acció de processos geodinàmics actius, com ara l'estabilitat dels vessants, avingudes de rius, erosions i torrentades. El planejament urbanístic ha de permetre assolir un nivell adequat de protecció dels riscos naturals, preservant de la urbanització i l'edificació aquelles zones amb risc, llevat que es prevegin mesures addicionals en relació a la seva prevenció o protecció. Aquestes mesures han de garantir la seva sostenibilitat en termes de la durabilitat de les actuacions previstes i la seguretat de les persones, així com el seu manteniment periòdic i la despesa associada de recursos.

Seguint aquestes directrius, l'EIRG es realitza a partir de la recerca d'indicis de processos geològics actius que siguin susceptibles de generar situacions de risc que convingui evitar, prevenir o mitigar, per tal de garantir que el planejament que es projecta sigui viable en termes d'exposició al risc geològic segons els criteris establerts, i s'apliqui en coherència a la informació de riscos geològics disponible. L'estudi no valora les qualificacions urbanístiques que s'assignaran a cada zona i les tracta totes igual, ja sigui

sòl urbà, d'ocupació continuada de persones o sense qualificar. Un estudi més detallat podria valorar la relació entre perillositat geològica i vulnerabilitat en relació als usos. Aquesta tasca no és objecte del present treball.

L'anàlisi del risc geològic es basa en identificació de zones delimitades on es poden donar diferents situacions de risc i graus de perillositat que condicionen el planejament urbanístic i que es resumeixen en els següents punts:

- **Zones sense risc geològic:** el planejament pot incorporar recomanacions generals en referència al terreny adequades a les seves característiques geològiques i geotècniques.
- **Zones amb risc amb una perillositat potencial baixa:** correspon a zones que es donen situacions de perillositat que son fàcilment corregibles amb mesures de poca exigència tècnica, i econòmicament assumibles. El planejament haurà d'incloure aquestes mesures, ja sigui en aspecte d'urbanització (espais de resguard, obres de protecció permanent, etc.) o en aspecte d'edificació (disposició geomètrica, condicions sobre el disseny, accions a tenir en compte per autoprotecció, etc.).
- **Zones amb risc amb una perillositat potencial mitjana o alta:** corresponen a zones que es donen situacions en les quals cal mesures de protecció o correctives d'exigència tècnica i econòmica elevades, molt elevades o inviables. No és recomanable la seva incorporació al planejament com a sòl urbà o urbanitzable, tret que s'aportin estudis detallats i projectes, amb les partides econòmiques i fases d'implementació, que justifiquin que el risc se situa a un nivell baix després de la seva correcció.

2 Determinació del risc geològic

En l'àmbit urbanístic es consideren els riscos geològics com a fenòmens de naturalesa geològica que podrien arribar afectar a les actuacions urbanístiques del planejament que es promou. La seva identificació es realitza mitjançant la cerca d'indis dels fenòmens actius i dels factors ambientals que afavoreixen les dinàmiques geològiques generadores de risc. En aquest sentit, l'EIRG considera qualsevol fenomen de tipus geològic actiu que pugui comportar un risc per a les persones, les edificacions i les infraestructures i analitza la seva perillositat, entesa com la probabilitat d'ocurrència d'un fenomen potencialment destructiu en un període de temps específic i en una àrea de terreny determinada.

Els fenòmens a considerar són desprendiments, caiguda de roques, fluxos, lliscaments, enfonsaments, retrocs d'escarpaments, allaus de neu i aquells que poden generar problemàtiques geotècniques, per presència de materials evolutius, expansivitat o rebliments antròpics.

La perillositat no és un paràmetre valorable de forma directa ja que la conformen un conjunt d'escenaris de fenòmens potencialment destructius que poden ocórrer. És per això que a efectes pràctics es considera mitjançant la combinació de la magnitud i frequència de cadascun dels fenòmens. Aquesta informació generalment no es troba disponible de forma sistemàtica, i la complexitat tècnica de la seva obtenció sobrepassa l'objectiu de l'EIRG. No obstant, sobre aquests dos paràmetres s'aplica una metodologia simplificada, que conjuntament amb l'anàlisi expert de la informació recopilada i els indis observats al camp, permet una valoració d'expert de perillositat en l'EIRG.

2.1 Valoració de la magnitud

La *magnitud* és un concepte de difícil definició paramètrica, perquè integra molts aspectes de la dimensió i trajectòria dels fenòmens (distàncies, àrees, volums, etc.). Per contra, cadascuna d'aquestes variables és relativament fàcil de mesurar. Per a sobreposar-se a la dificultat en la parametrització, s'assimila la magnitud al potencial destructiu que té el fenomen, i es basa la valoració en l'estimació heurística dels danys que podria causar cada tipus de fenomen a uns elements tipus del territori (taula 1).

Taula 1: Escala de magnitud en base al potencial destructiu o dany que potencialment podria crear sobre uns elements tipus.

Magnitud	Potencial destructiu			
	Persones	Edificis	Infraestructures	Entorn natural
M1	Pot ferir una persona en espai obert	Efectes negligibles, puntualment pot causar danys lleus no estructurals	Pot causar un dany puntual a vehicles circulants lleugers . Obstacle de fàcil retirada o petites esquerdes en vials.	Pot deixar una empremta puntual i poc perceptible en l'entorn natural.
M2	Pot ferir mortalment persones en espai obert Les persones estan a resguard dins de les edificacions.	Pot causar danys funcionals i algun dany estructural lleu	Pot causar danys importants a vehicles circulants lleugers. Pot obstruir temporalment el pas per un vial.	Deixa una empremta poc perdurable a l'entorn natural.
M3	Les persones dins dels edificis estan en risc, tot i que poden tenir un cert resguard.	Pot causar danys funcionals greus i estructurals moderats, o destruir construccions lleugeres.	Pot destruir un vehicles circulants lleuger i danyar-ne de pesants. Pot causar danys (reparables) a la infraestructura que en limitin la funcionalitat.	Deixa una empremta en tota l'afectació en general de curta durada a l'entorn natural.
M4	Les edificacions no ofereixen una protecció efectiva als ocupants.	Pot causar danys estructurals greus en múltiples construccions i destruir-ne parcialment.	Pot causar danys que inutilitzin la infraestructura amb necessitat de reconstrucció o reparacions d'elevat cost i termini.	Deixa una empremta més clara i duradora. Pot destruir una porció de bosc i fer modificacions del terreny.
M5	La supervivència depèn de circumstàncies fortuïtes.	Pot destruir àmplies zones edificades.	Pot destruir o provocar danys no reparables que requeririen un nou traçat.	Pot transformar el paisatge, amb destrucció de boscos o noves morfologies del terreny.

Els termes qualitius que correspondrien a l'escala de magnitud per a una explicació més descriptiva serien: M1 = molt baixa; M2 = baixa; M3 = mitjana; M4 = alta; M5 = molt alta. La magnitud M1 se situa a un extrem inferior de la matriu de perillositat, que mai condicionarà els usos del sòl i l'urbanisme, sinó que simplement es derivaran recomanacions preventives o simples proteccions. D'altra banda, la magnitud M5 correspon a l'altre extrem de la matriu de perillositat, que en general conduirà a renunciar a tot ús del sòl permanent. Aquests graus de magnitud per potencial destructiu es tradueixen a cadascun dels riscos en funció de les particularitats del fenomen.

2.2 Valoració de la freqüència

La *freqüència*, al contrari que la magnitud, és un concepte clarament definit en tant que és la recurrència, i en sentit matemàtic és la probabilitat anual d'ocurrència. Per contra, la mesura i determinació de la freqüència és complexa, perquè per a poder calcular-la es requereix d'un llarg registre de l'activitat del fenomen, del qual rarament es disposa. Per aquest motiu, s'ha elaborat una classificació que restringeix el període de retorn del fenomen en tres intervals segons si son freqüents (freqüència alta), recurrents (freqüència mitjana) o reactivables (freqüència baixa; taula 2)

Taula 2: Escala de graus de freqüència a considerar en l'EIRG.

Freqüència	Període de retorn del fenomen (anys)
Alta	< 30
Mitjana	30 a 100
Baixa	> 100

Aquests llindars de període de retorn s'han d'entendre en sentit intuïtiu, ja que l'EIRG no té eines per a determinar períodes de retorn amb precisió. Els extrems d'aquesta escala, i fora de l'abast de l'EIRG, corresponen als nivells de freqüència molt alta ($T < 10$ anys), que es considera una acció molt reiterada, que ja no ha de ser tractada com a risc accidental, sinó com una acció variable dins del propi disseny geotècnic de les obres i intervencions, i freqüència molt Baixa ($T > 300$ anys), que es considera una situació prou remota per no ser determinant en l'ordenació del territori i l'urbanisme, i que corresponen a situacions catastròfiques i com a tal han de ser tractades amb les eines específiques de protecció civil.

2.3 Valoració de la perillositat

La simplificació i parametrització de la magnitud i la freqüència, permet elaborar una graduació de la perillositat per a cada fenomen, que representa mitjançant una matriu de perillositat (taula 3).

Taula 3: matriu de perillositat per a la valoració dels EIRG

Perillositat		Magnitud				
		M1	M2	M3	M4	M5
Frequència	Alta	Baixa	Mitjana	Mitjana	Alta	Alta
	Mitjana	Baixa	Baixa	Mitjana	Alta	Alta
	Baixa	Baixa	Baixa	Mitjana	Mitjana	Alta

Per a una transposició clara a l'ordenació del territori, els diferents graus de perillositat es reinterpreten en termes d'urbanisme com:

Perillositat baixa: representa una problemàtica prou simple i acotada, que per si sola no impedeix la major part d'usos del sòl i construccions, però sí que requereix d'unes prevencions dels riscos.

Perillositat mitjana: representa una problemàtica de certa complexitat, per la qual alguns usos són viables, però les condicions preventives poden ser rellevants.

Perillositat alta: representa una problemàtica complexa i amenaçant que desaconsella els usos del sòl que impliquen construcció i permanència.

El detall d'un EIRG permet identificar les situacions clarament sense perillositat o de perillositat baixa, per bé que no sol ser suficient per distingir les situacions de perillositat mitjana i alta, que requereixen d'un estudi de zonificació específic.

3 Context territorial

El municipi de Caldes d'Estrac s'ubica a la costa del Maresme, a nivell de mar (figura 1). El terme municipal té una superfície de $\sim 0.85 \text{ km}^2$, que limita al nord-est amb el municipi d'Arenys de Mar i al nord-oest i sud-oest amb el de Sant Vicenç de Montalt. Els relleus més importants són dues carenes aproximadament paral·leles entre elles i perpendiculars a la costa, que culminen en els turons de Caldes (111 m s.n.m.) i de la Torre dels Encantats (73 m s.n.m.). El punt més baix del municipi es correspon amb el nivell del mar.

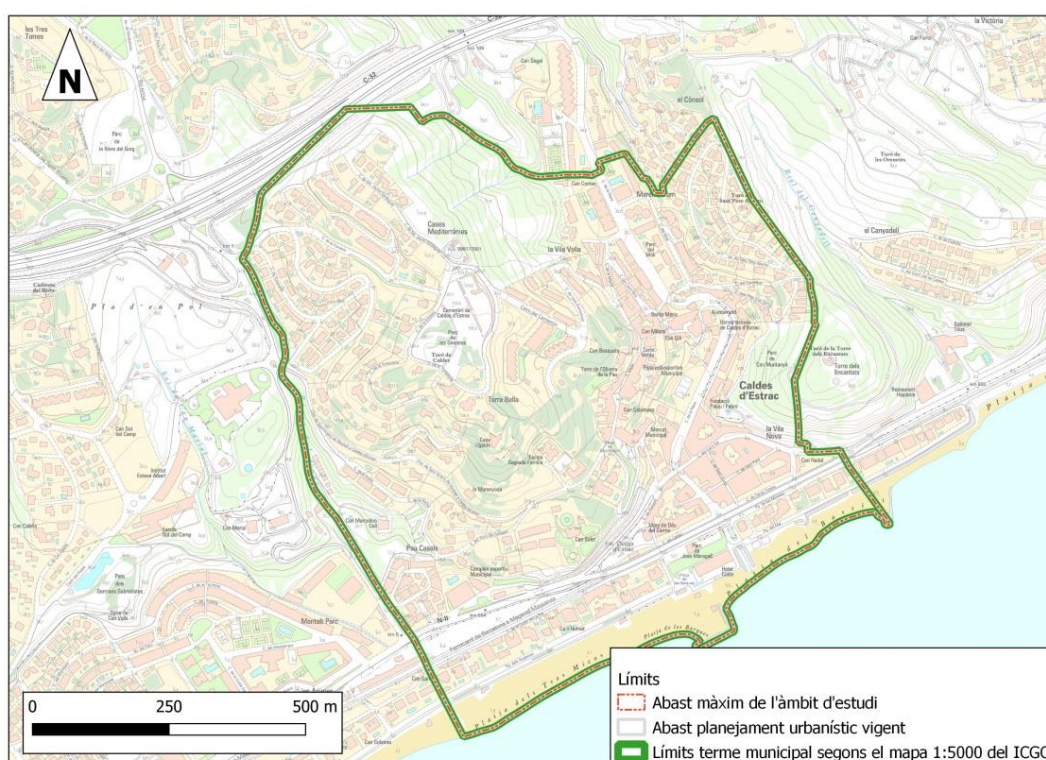


Figura 1. Localització l'àrea àmbit d'estudi, d'àmbit de planejament urbanístic i del terme municipal.

El municipi s'estructura al voltant de la riera de Caldes (figura 2) que el creua pel mig, i de la façana costanera on trobem una estreta plana litoral que s'eixampla lleugerament allà on les rieres arriben al mar. Des del fons de la vall el poble es disposa cap ambdós vessants, nord est i sud oest, cap als municipis de Arenys de Mar i Sant Vicenç de Montalt respectivament. Cap a Arenys el límit municipal es troba en la carena que neix a la Torre dels Encantats i separa la riera de Caldes del rial del Canyadell, per la banda de Sant Vicenç el límit discórrer per la llera de la riera del Gorg.

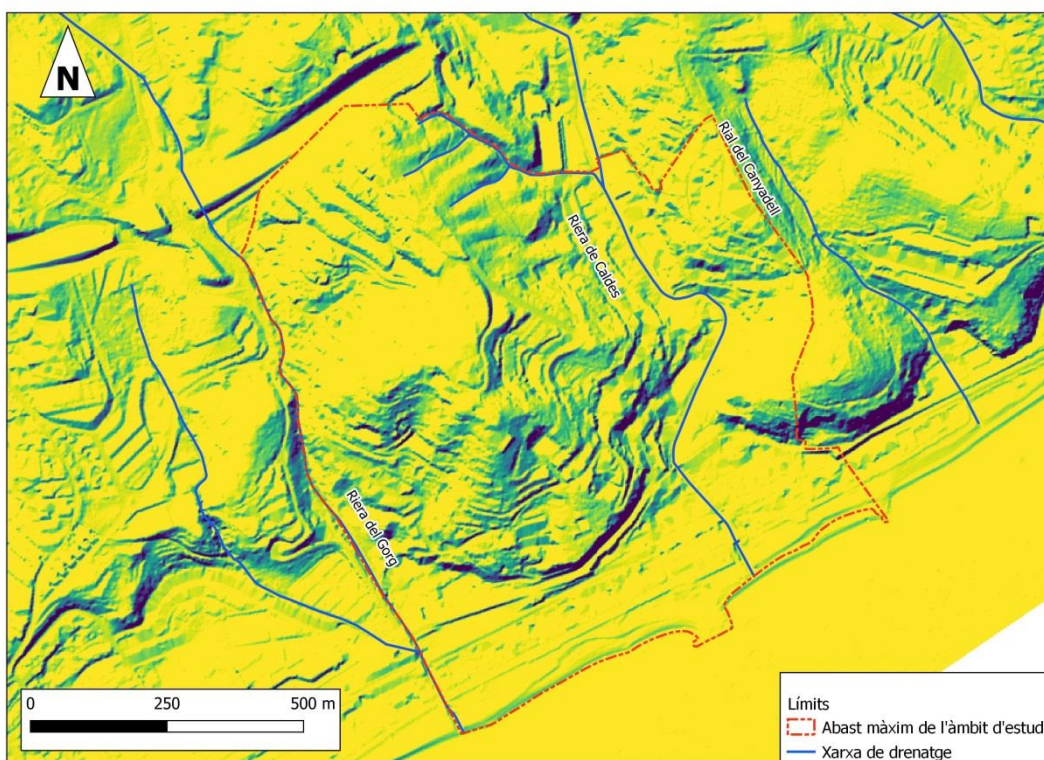


Figura 2. Mapa de relleu fet a partir de l'ombrejat amb fals color del model digital d'elevacions de 2x2 m, juntament amb la xarxa de drenatge principal del terme municipal.

En ser un municipi fortament urbanitzat trobem que els pendents naturals han sigut modificats per l'esser humà, per l'edificació d'habitatges, la xarxa de carrers i les infraestructures viària i ferroviària de caràcter regional. Aquest fet es especialment notori a la façana costanera, on la carretera N-II i la via del ferrocarril de Barcelona a Maçanet-Massanes presenten talussos subverticals de grans dimensions en els punts on les carenes del turó de Caldes i de la Torre del Encantats s'apropen al mar (figura 3).

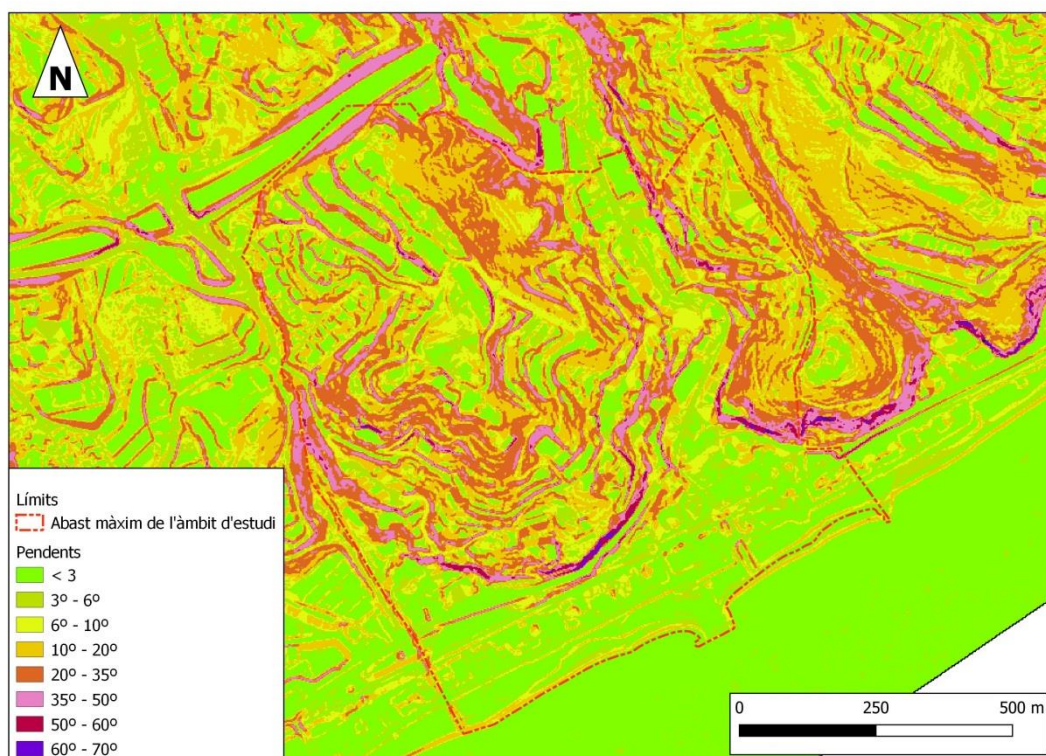


Figura 3. Mapa de pendents fet a partir del model digital d'elevacions del terme municipal.

3.1 Marc geològic

Geològicament, el terme de Caldes d'Estrac es troba al sector centre-oriental del mantell del Litoral, al límit de l'escarpament del bloc superior de la falla extensiva de Barcelona, que conforma la línia litoral. Aquesta zona forma part de la serralada costera catalana, que consisteix en un cinturó estret de serralades que tanca la Conca de l'Ebre a l'avantpaís pirinenc. Es tracta d'una estructura alpina parcialment arrasada, i presenta una distribució de materials molt típica a la península Ibèrica: el sòcol hercinià i la cobertura mesozoica. La seva estructura correspon a un complex sistema de horsts i grabens compostos per diversos blocs orientats NE-SW que segueixen l'actual línia de costa. Es divideix longitudinalment en tres grans unitats: la Serralada Prelitoral, la Depressió Prelitoral i la Serralada Litoral on es troba el municipi d'estudi. Segons el Mapa Geològic de Catalunya (ICGC) a escala 1:25.000, les unitats presents en aquest municipi són d'època paleozoica (Ggdh₂) i neògena (cf) sobre les que es disposen sediments quaternaris holocens (Qac₄, Qac₃, Qv₁, Qt₁, Ql₀₋₁ i Qps) i d'origen antròpic (Aop, At i Ar) (figura 4).

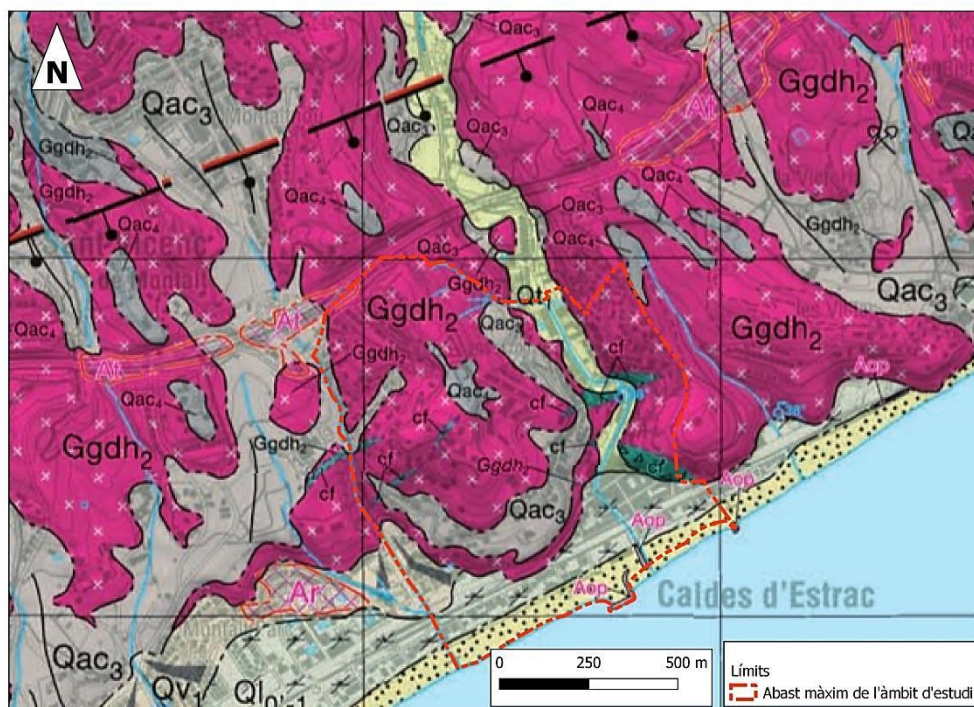


Figura 4. Geologia de l'àmbit d'estudi a partir dels fulls 394-1-1 (75-29) de Canet de Mar i 394-1-2 (75-30) de Arenys de Mar, de la sèrie GT-1 a escala 1:25 000 de l'ICGC.

- Ar:** Blocs, graves, sorres, terres i runa. Són dipòsits heterogenis que corresponen a runams i rebliments indiferenciats.
- At:** Blocs, graves, sorres, terres i runa. Constitueixen dipòsits heterogenis que corresponen a terraplenaments d'infraestructures viàries.
- Aop:** Formigó i blocs. Són dipòsits que corresponen a obres portuàries i a esculleres.
- Qps:** Sorres de gra mitjà que formen el dipòsit de platja que s'estén al llarg de quasi tot el litoral del full. Holocè (Quaternari).
- Ql0-1:** Unitat constituïda majoritàriament per sorres de platja que, localment presenten intercalacions de sediments al·luvials i llims grisos de maresma. Forma un cordó d'una amplada màxima de prop de 250 m i un gruix mínim estimat d'uns 15 m. Holocè (Quaternari).
- Qt1:** Unitat de sorres a base, que transicionalment passen a sobre a sorres fines i llims de color ocre. Les sorres de la base són grolleres, presenten laminació i estratificació encreuada de baix angle. Forma la terrassa 1. Holocè (Quaternari).
- Qv1:** Unitat constituïda per una alternança de graves, sorres llims sorrencs, que cap a sobre de la successió augmenta la proporció de llims. Correspon als ventalls de sortida de les rieres de Sant Vicenç de Montalt, que davallen cap a mar des de la Serralada Litoral. Holocè (Quaternari).
- Qac3:** Unitat que conté sorres, graves i llims. Les sorres són de gra mitjà a groller, tenen composició arcòsica, matriu llimosa i, ocasionalment, contenen còdols dispersos i intercalacions, de gruix de centimètric a decimètric de sorres de gra fi i llims.

S'interpreten com a dipòsits mixtos al·luvials-col·luvials del Plistocè superior. Plistocè (Quaternari).

Qac₄: Unitat de graves, sorres i llims. Les graves són heteromètriques, clasto-suportades i amb la matriu de sorrenca a lutítica. La litologia predominant dels còdols són de roques metamòrfiques del Paleozoic. Les sorres poden ser de color marró o gris; tenen una composició quarsifeldspàtica, són mal seleccionades i la matriu, quan hi és present, és llimosa. Ocasionalment, es reconeixen nivells de lutites vermelles de gruix decimètric. S'interpreten com a dipòsits mixtos plistocens. Plistocè (Quaternari).

Cf: Cataclasites, són roques de tonalitats brunes o verdes que presenten fragments irregulars de granitoides i minerals de tons clars, d'ordre centimètric i mil·limètric. Es disposen en cossos allargats, d'orientació NE-SW i NW-SE, d'entre 5 i 20 m de gruix i de 100 a 200m de longitud. Els afloraments més importants es localitzen dins del nucli urbà de la població de Caldes d'Estrac, tot i que també afloren a Sant Vicenç de Montalt a la zona de la riera dels Gorgs i del turó del Balís. Neògena (Terciari).

Ggdh₂: Granodiorites biotítics amb hornblenda accessòria, Són roques plutòniques d'aspecte equigranular, de gra mitjà o groller (3-6 mm). Constitueixen dos aflorament de dimensions importants, que es localitzen en els municipis de Sant Vicenç de Montalt, Arenys de Munt i Arenys de Mar. Els enclavaments microgranulars de quarsidiorites són una característica constant i, sovint, són de dimensions considerables (de 10 a 15 cm, podent arribar fàcilment a 30 o 40 cm). Per meteorització donen lloc a un mantell d'alteració de sauló que pot tenir fins a 20 m de gruix. Són roques ígnies plutòniques relacionades amb l'orogènia herciniana. Permià inferior (Paleozoic).

3.2 Sismicitat

Segons el mapa de zones sísmiques considerant l'efecte del sòl (ICC, 2001; figura 5), el municipi està exposat a un risc sísmic d'intensitat VII a l'escala de MSK.

Grau VII. Danys a les construccions. La majoria de les persones s'esporugueixen i corren cap al carrer. Moltes tenen dificultat per mantenir-se dempeus. Les vibracions són percebudes per persones que condueixen automòbils. Sonen les campanes grans. En alguns casos, es produeixen esllavissades en carreteres que passen per vessants amb pendents acusats; es produeixen danys en juntes de canalitzacions i apareixen fissures en murs de pedra. S'aprecia onatge a les llacunes i l'aigua s'enterboleix per remoguda del fang. Canvia el nivell de l'aigua dels pous i el cabal de les deus. En alguns casos, tornen a rajar deus que estaven seques i s'assequen d'altres que rajaven. En certs casos es produeixen esllavissades en talussos de sorra o de grava. Els danys a determinades edificacions poden arribar a ser greus i en alguns casos pot haver destrucció, com s'indica a la taula 4.

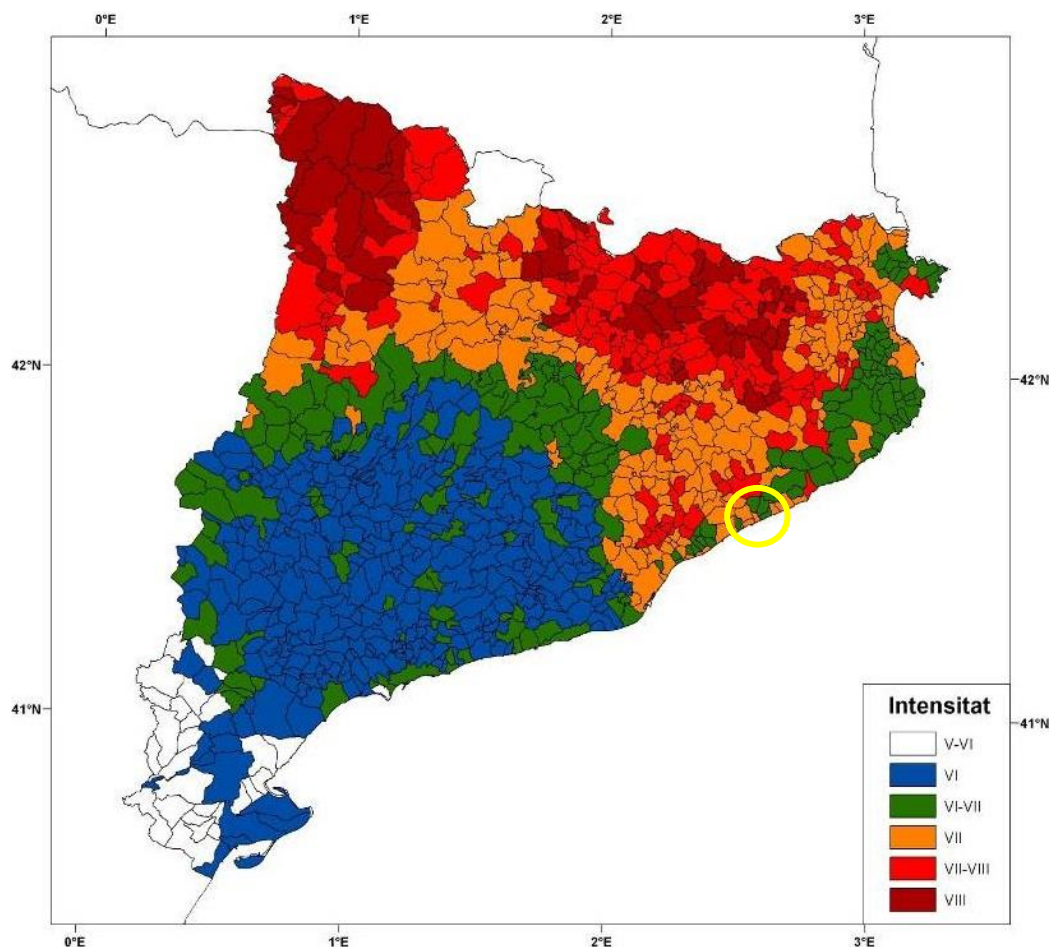


Figura 5. Mapa de zones sísmiques de Catalunya considerant l'efecte del sòl (ICC, 2001). El mapa considera per cada municipi la perillositat sísmica, com la probabilitat d'excedir una intensitat determinada en un període de temps de 500 anys, segons càlculs sismotectònics, la vulnerabilitat sísmica i l'efecte del sòl sobre el qual es troba el nucli urbà de cada municipi segons una classificació geotècnica elaborada per l'ICGC.

Taula 4: Descripció dels danys en edificacions segons el grau d'intensitat VII (MSK)

Tipus de construcció	Danys amb grau d'intensitat VII (MSK)
Tipus A: Murs de maçoneria en sec o amb fang	Moltes sofreixen danys greus i algunes inclús destrucció
Tipus B: Murs de fàbrica de maó	Moltes sofreixen danys moderats
Tipus C: Estructura metàl·lica o formigó armat	Moltes sofreixen danys lleugers

Els valors de l'acceleració sísmica bàsica a_b/g i del coeficient de contribució K , que determina la norma sismoresistent d'aplicació general i d'edificació NCSE-02 de l'11 d'octubre de 2002 pel municipi, s'indiquen a la taula 5:

Taula 5: Valors d'acceleració sísmica bàsica i coeficient de contribució (Norma Sismoresistent NCSE-02)

Acceleració sísmica bàsica a_b/g	Coeficient de contribució K
0,04	1,0

Com a conseqüència d'aquests paràmetres d'exposició, segons el pla especial d'emergències sísmiques a Catalunya (SISMICAT), el municipi està obligat a elaborar un Pla d'Actuació Municipal per risc sísmic.

4 Anàlisi de perillositat

L'alt grau d'urbanització del municipi ha comportat que l'anàlisi s'hagi estès a tot el terme municipal (figura 1). No hi ha constància d'esdeveniments significatius relacionats amb els riscos geològics contemplats en aquest estudi, ni als arxius de l'ICGC ni a l'Ajuntament. Ara bé, cal indicar que es coneguda l'ocurrència periòdica d'inundacions al Maresme per pluges intenses que fan augmentar de manera important els cabals de les rieres, i que han provocat històricament elevats perjudicis econòmics i fins i tot la pèrdua de vides humanes. L'anàlisi d'aquest tipus de perillositat queda fora de l'àmbit d'aquest informe.

4.1 Moviments de vessant

Als arxius de l'ICGC no hi ha constància d'antecedents destacables relacionats amb moviments de vessant, com desprendiments, lliscaments o fluxos, al terme municipal de Caldes d'Estrac.

En l'anàlisi efectuat també s'han tingut en compte els EIRG efectuats en els municipis veïns de Arenys de Mar (AP-005/12) i Sant Vicenç de Montalt (AP-0038/17), que presenten problemàtiques similars a les de Caldes. En l'estudi d'Arenys de Mar es fa menció del talús del punt 1 (veure més endavant), en el límit entre tots dos municipis.

Les característiques del substrat granodiorític i dels processos de meteorització (degradació de la roca derivada de l'exposició a condicions ambientals) que pateixen aquests materials, fan que sigui necessari considerar la possibilitat d'esllavissades en zones amb sauló i de desprendiments allà on el massís rocós es troba menys alterat. Les roques plutòniques granulars tendeixen a degradar-se d'enfora cap a endins produint unes masses relativament esfèriques de roca més sana, envoltades de sauló més tou, més argilós quan major proporció de feldspat forma la roca originària. La formació d'aquest blocs es veu afavorida o limitada per les discontinuïtats del massís, com les esquerdes o les famílies de diàclasis, que alhora determinen els volums màxims dels blocs que es poden formar, així com la seva estabilitat respecte al vessant.

Atès que els materials granodiorítics que formen els principals relleus han patit meteorització i erosió important, no es troben escarpaments naturals als vessants més

enllà dels que poden estar conformats per masses importants de la roca més sana. També es poden observar escarpaments en zones d'erosió d'un curs fluvial, o on hi ha talussos antròpics en els materials d'alteració de la roca (saulons) o sediments plistocens i holocens.

Les granodiorites presents a Caldes d'Estrac ($Ggdh_2$), contenen elevades proporcions de plagiòclasi, pel que és esperable que es generin blocs arrodonits en sectors on la roca presenti discontinuïtats, que en cas de caiguda poden recorre distàncies relativament importants. Tot i això, l'inici del moviment requereix pendents elevats i un factor detonant (antropització) que fa que, fins i tot a les zones on s'identifiquen diversos blocs potencials i elevats pendents, l'amenaça de caiguda sigui baixa. Les caigudes de blocs requereixen zones on el sistema de diaclasat respecte el vessant sigui desfavorable, un grau de meteorització prou important com per a que presenti la individualització de masses de granodiorita més sana, un pendent elevat i un detonant que iniciï el moviment.

Tenint en compte aquestes consideracions, en la inspecció realitzada sobre el terreny es van identificar 13 punts amb indicis de moviments de vessants (figura 6), tots relacionats amb talussos d'origen antròpic. En 5 d'aquests punts es poden produir caigudes de roques i a la resta petites esclavissades superficials a causa del grau de meteorització de les granodiorites o de la presència de sediments quaternaris. Al punt 7 s'han trobat indicis dels dos tipus de moviments, ja que es tracta d'un talús extens que presenta diferents característiques al llarg de la seva longitud.

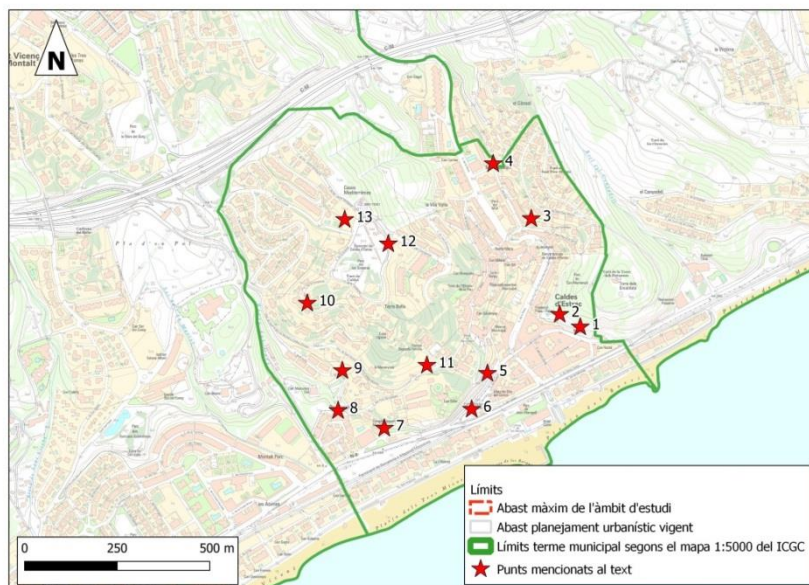


Figura 6. Punts identificats amb indicis de moviments de vessant per esclavissades o caiguda de blocs.

4.1.1 Esllavissades

Els indicis d'esllavissades trobats al municipi de Caldes d'Estrac es donen en talussos antròpics que han modificat el pendent original i que es troben exposats a la meteorització i erosió per part dels agents atmosfèrics. Els talussos que presenten aquest indicis s'han agrupat en dos tipus en funció de la litologia que els formen. El primer grup el formen els talussos en granodiorites amb major o menor grau d'alteració a sauló que s'ubiquen als punts 4, 5, 7, 10 i 12. El segon grup els talussos en materials quaternaris, fàcilment erosionables, dels punts 8, 9, 11 i 13. Generalment aquest tipus de moviments son de petita magnitud i representen una perillositat baixa, que en alguns llocs pots ser fins i tot negligible.

A continuació es presenten alguns exemples i els casos més significatius trobats per a cada grup, als annexos es recullen més fotografies de cada punt.

Talussos en granodiorites

S'ha observat que els saulons del municipi són susceptibles de produir esllavissades en talussos d'elevada pendent, con per exemple el del carrer d'accés a la N-II, a l'extrem sud del Camí Ral (punt 5, fotografia 2); al carrer del Molí, entre el num. 34 i la corba que fa el carrer (punt 4); a la baixada del Pont del Sergent, al costat del complex esportiu municipal (punt 7, fotografia 4); al carrer Torrenova, a l'alçada del num. 26 (punt 10) i al mateix carrer Terranova, sota el cementiri (punt 12). Les possibles esllavissades associades a aquests talussos es consideren de perillositat baixa o molt baixa.

D'aquest talussos els més destacables son els dels punts 4, 5 i 7.

El talús del punt 4 es troba darrera dels edificis situats al carrer Riera 90-100 (complex Residencial Estrac) i que es troba en el límit amb Arenys de Mar. Aquest talús va patir una esllavissada i es trobava en reconstrucció en el moment de la visita de camp el dia 8 de novembre de 2019 (fotografia 1). La continuació d'aquest talús cap al carrer del Molí és susceptible de patir el mateix tipus de fenomen. Per aquest talús s'estima un grau de perillositat baix.

Al punt 5 trobem el talús que es va fer com a desmunt per a la construcció de la N-II i l'accés des de Caldes en direcció a Barcelona. Té una longitud aproximada de 260 m i alçades de fins a 20 m. Actualment es troba protegit amb malles i formigó projectat que

en general es troben en bon estat, tot i que presenta alguna petita esquerda i només un lloc on hi ha un trencament (fotografia 3). Ara bé, a partir d'on s'acaba el formigó projectat, a l'extrem nord est, trobem uns 20 m de talús on la roca està exposada i on s'han identificat petites esllavissades superficials (fotografia 2), que juntament amb l'escorrenteria de la pluja han generat una pèrdua de material que està creant un buit darrera del formigó projectat. Per aquest talús s'estima un grau de perillositat baixa.



*Fotografia 1. Esquerra: obres de reconstrucció del talús existent al punt 4, vista des del carrer del Molí.
Dreta: Continuació del mateix talús en el carrer Molí.*



Fotografia 2. Esllavissades superficials de sauló (fletxes vermelles) al carrer d'accés a la N-II (punt 5). Fletxa blava indica buit de material darrera del formigó projectat.



Fotografia 3. Trencament del formigó projectat del talús sobre el carrer d'accés a la N-II.

Al punt 7, a la baixada del Pont del Sergent, al costat i per darrera del complex esportiu municipal hi ha un talús d'uns 140 m de longitud i alçada variable, on el grau d'alteració de la roca també és variable. A l'est del complex, el massís rocós està molt alterat,

resultant-ne una dinàmica d'erosió i de generació de petites esllavissades en el sauló que es deposita al carrer (fotografia 4). Per aquest talús s'estima un grau de perillositat baixa per esllavissades. Aquest mateix talús presenta sectors amb un grau d'alteració menor on es poden generar caigudes de roques (fotografia 12, veure capítol 4.1.2).



Fotografia 4. Talús a la baixada del Pont del Sergent on es pot observar el massís rocós alterat i per tant susceptible de patir petites esllavissades que s'acumulen al peu.

Talussos en materials quaternaris

Els materials quaternaris solen estar poc consolidats i freqüentment tenen una component important de fins (argiles i llims) i per tant son fàcilment erosionables i susceptibles d'esllavissar. Les possibles esllavissades associades a aquests talussos es consideren de perillositat baixa.

En el municipi de Caldes d'Estrac, dels quatre talussos identificats que es donen en aquest materials, només el que es troba al punt 13 té certa entitat (fotografia 5). Es tracta d'un talús que separa les pistes de tennis existents al carrer Fornaca de les parcel·les situades topogràficament per sobre i a les quals s'accedeix per carrer de Monsen Jacint Verdaguer. Té una longitud d'uns 80 metres i una alçada de 6-8 m i està format per llims i sorres amb intercalacions de nivells de concrecions carbonàtiques tabulars conegudes

com tortorà. L'alçada del talús, la seva verticalitat i els materials que el formen generen condicions que afavoreixen les esllavissades, generalment molt petites però no s'en pot descartar de magnitud baixa. En la fotografia 5 es pot observar que la casa de nova construcció, situada a sobre, ja presenta mesures de protecció del talús, mitjançant bulons, malla i geotextil. Així que pel tram sense actuacions s'estima un grau de perillositat baixa.



Fotografia 5. Talús al carrer Fornaca (punt 13). Es pot observar el sediments quaternaris amb presència de nivells de tortorà i les obres de defensa de la casa situada per sobre.

4.1.2 Despreniments

Les zones on s'ha identificat la presència de blocs amb una certa susceptibilitat a generar desprendiments es troben als punts 1, 2, 3, 6 i 7.

El punt 1 (figura 6) se situa al vessant sud i sud-est del turó de la Torre dels Encantats, al límit sud del parc de Can Muntanyà. El vessant arriba fins al Camí Ral, i s'estén des del número 45, just al darrera de l'habitatge existent (fotografia 6), fins al límit amb el terme municipal d'Arenys, on hi ha dos edificis més exposats a caigudes de roques des de la part alta (fotografia 7). Aquest talús està format per roques de tonalitats brunes o verdes que presenten fragments irregulars de granitoids i minerals de tons clars, anomenades cataclasites de Caldes i que presenten discontinuïtats que individualitzen blocs susceptibles de caure (fotografia 8). També s'han observat cicatrius de caigudes no gaire

antigues de blocs (fotografia 8). Les dimensions de l'escarpament (fins a 45 m d'alçada) i l'elevat pendent fan que els blocs susceptibles de desprendre's puguin arribar a desenvolupar una certa energia en caure i puguin causar danys al habitatges situats al seu peu, als cotxes que hi puguin passar o estar aparcats i fins i tot a persones. Es per això que a aquest punt se li assigna una perillositat mitjana i per tant es considera necessari prendre mesures per reduir el risc.



Fotografia 6. Punt 1. Esquerra: habitatge situat al Camí Ral nº45, just al peu del talús. Dreta: vista del mateix talús des del Camí Ral.



Fotografia 7. Punt 1. Vista panoràmica on es pot veure el talús darrera del habitatge situat al Camí Ral 43. L'edifici color rosat del costat es troba en el terme municipal d'Arenys i també estaria afectat per blocs que es poguessin desprendre's des del talús.



Fotografia 8. Punt 1: detall del talús on es poden veure cicatrius recents de blocs despresos (fletxes vermelles).

El punt 2 es troba dintre del parc de Can Muntanyà (fotografia 9), el talús té uns 5 metres d'alçada i al seu peu trobem una zona planera. Està format per granodiorites amb blocs no gaire alterats i limitats per famílies de diàclasis que els individualitzen i afavoreixen el seu despreniment. A aquest punt se li assigna una perillositat baixa.



Fotografia 9. Punt 2. Esquerra: talús dintre del parc de Can Muntanyà. Dreta: detall de bloc inestable.

La mateixa problemàtica trobem als punts 3 i 6 (fotografia 10), on s'individualitzen blocs de granodiorita menys o més sana a favor de les discontinuïtats existents. El punt 3 se situa al costat del pas per vianants amb escales que uneix els carrers dels Pins d'en Salva i l'avinguda de San Pere Abanto. La configuració de les escales fa que els blocs despresos caiguin en l'espai entre aquestes i el talús, més enllà del muret existent. El punt 6 es troba al camí Ral, en el tram que hi ha entre el viaducte de la N-II i el carrer de l'Estació. En aquest punt trobem dos talussos d'uns 7 metres d'alçada que actualment es troben en bon estat. Tots dos punts presenten una perillositat baixa.



Fotografia 10. Esquerra: talús en el punt 3. Dreta: talús a la cruïlla entre el carrer de l'Estació i el Camí Ral (punt 6).

Tal com s'indicava al capítol 4.1.1, al punt 7 trobem un talús on la roca presenta un grau d'alteració variable, donant-se tant desprendiments com petites esllavissades en diferents trams del talús (fotografia 11). En la visita es va poder observar un desprendiment recent just darrera del complex esportiu municipal (fotografia 12). El grau d'alteració d'aquest massís indica que el procés predominant en aquest talús seria les esllavissades, acompanyades per blocs de roca més sana que degut a la inèrcia poden arribar més lluny. El grau de perillositat es baix, però la proximitat al talús dels edificis del complex fa que sigui recomanable prendre mesures per reduir el risc.



Fotografia 11. Punt 7: estat del talús existent darrera del complex esportiu municipal. A la zona d'ombra es pot apreciar la proximitat dels edificis del complex.



Fotografia 12. Punt 7: bloc després que ha arribat al peu dels edificis.

4.2 Esfondraments

Ni els arxius de l'ICGC ni els tècnics de l'Ajuntament tenen constància que hagi hagut esdeveniments relacionats amb esfondraments a cap de les àrees estudiades o proximitats. Tampoc hi ha constància de l'existència d'unitats de guixos o sals al subsòl susceptibles de generar-ne, ni s'ha observat indicis en el reconeixement de la fotografia aèria i del camp. Per aquests motius en el conjunt de les àrees estudiades la perillositat natural enfront esfondraments s'ha considerat molt baixa o negligible.

4.3 Fluxos torrencials associats a cons de dejecció

Malgrat la naturalesa granodiorítica de les litologies de capçalera, amb abundància de material d'alteració (sauló), les dues rieres principals que recullen les aigües de la serralada no tenen capacitat per generar fluxos torrencials, segons el mètode de Wilford (2014). En aquest sentit, cal destacar que no s'ha observat cons de dejecció ni dipòsits similars a les rieres que creuen el municipi i cal pensar que els sediments són transportats amb un important predomini de la massa hídrica i abocats al mar.

4.4 Inundabilitat

A les rieres del Maresme són habituals les rierades. Dins d'aquest context, les rieres de Caldes d'Estrac no en són una excepció, com és el cas recent de la riera del Gorg o un d'històric com el del molí d'en Gibert, al torrent de Montbò –riera de Caldetes. És per tant que s'ha de considerar la realització d'un estudi d'inundabilitat davant la possibilitat de rierades i inundacions a les rieres principals.

5 Conclusions i recomanacions

Les zones urbanes i urbanitzables de Caldes d'Estrac se situen principalment sobre materials granodiorítics i els seus productes d'alteració i erosió, que tot i que confereixen a aquest municipi uns relleus importants, aquests són estables i per tant poc propensos a generar inestabilitats de manera natural. Tanmateix, els elevats pendents, l'estat de meteorització de la roca i les famílies de diàclasis dels massissos de la zona, han permès delimitar alguns sectors on la modificació o influència d'obres antròpiques tals com terraplenats, excavacions i reblerts, poden suposar un element desencadenant de caigudes de blocs o esllavissades.

Només el punt 1, del 13 amb indicis de moviments de vessant, s'ha identificat amb perillositat mitjana.

Pel punt 1, classificat com perillositat mitjana per desprendiments, es recomana la realització d'un estudi de detall que estimi la vulnerabilitat del Camí Ral al seu pas per aquest talús, a mitjà i llarg termini. L'estudi haurà d'identificar les zones i blocs potencialment més perillosos amb la finalitat de prendre les mesures de protecció que es determinin necessàries. Addicionalment, s'aconsella que qualsevol intervenció en el talús compti amb un estudi que valori la incidència sobre la seva estabilitat i la necessitat de emprendre mesures correctores. Aquestes mesures han de estar orientades a l'eliminació o estabilització dels blocs que puguin estar en una situació inestable.

Pels punts 7 i 13, tot i ser catalogades amb perillositat baixa, es proposen actuacions més enllà de les recomanacions genèriques. En el cas del punt 7, la distància entre el talús i el complex esportiu municipal és molt reduïda en alguns punts pel que es fa necessari prendre mesures orientades a la protecció dels edificis. Al punt 13 es proposa determinar el grau d'estabilitat del talús i de les mesures a implementar en base a la realització d'un estudi específic en el tram del talús sense protegir actualment.

A la resta de punts, classificats amb perillositat baixa, es fan recomanacions genèriques orientades al bon manteniment dels talussos, per tal de reduir l'impacte de les petites esllavissades que puguin ocórrer, i el sanejament de blocs inestables, en aquells talussos on hi hagi risc d'afectació a persones o bé la limitació d'accés a les zones més exposades.

A la resta dels àmbits estudiats no s'han reconegut indicis relacionats amb moviments del terreny. Així mateix, tampoc s'ha considerat perillositat associada a fluxos torrencials, ja que, tot i la presència de sediments susceptibles de ser transportats, no es considera indicatiu suficient per a determinar que les conques tinguin capacitat per generar fluxos torrencials.

Finalment, amb caràcter general i independentment de la perillositat natural, cal tenir en compte les següents recomanacions:

- La realització d'un estudi geotècnic per a cada nova construcció, d'acord amb les directrius actuals del "Código Técnico de la Edificación" (CTE).
- Prendre les mesures adequades durant o posteriorment a l'execució d'excavacions o talussos antròpics per evitar el desenvolupament d'inestabilitats.
- Evitar edificar a les vores d'escarpaments i talussos. Es recomana deixar una distància prudencial entre l'escarpament i la base de les edificacions, ja que es poden veure afectades per la pròpia evolució del vessant.
- Evitar les fonamentacions sobre terraplens o rebliments antròpics preexistents. Usualment, no solen ser aptes per a fonamentar estructures, i s'hi poden generar assentaments diferencials importants en ser sotmesos a càrregues.

Barcelona, desembre de 2019



José Becerra Rivera

Unitat de Prevenció de Riscos Geològics

Vist i plau

Jordi Marturià Alavedra

Cap de la Unitat de Prevenció de Riscos Geològics

ANNEXES:

QUADRE RESUM

FITXES

RECULL FOTOGRÀFIC

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

QUADRE RESUM**Estudi d'Identificació de Riscos Geològics del municipi de Caldes d'Estrac**

Sector	Moviments de vessant	Esfondraments	Fluxos torrencials	Inundabilitat
Caldes d'Estrac	Eslavissades Indicis de magnitud baixa o molt baixa Perillositat baixa o molt baixa. Actuacions de baixa intensitat. Despreniments Indicis de magnitud baixa o molt baixa i puntualment mitjana Perillositat baixa o molt baixa excepte al punt 1 on es mitjana. Actuacions de baixa intensitat. Recomanacions d'estudis de detall al punt 1.	Presència local de sediments de maresma. Perillositat molt baixa. Es recomana que els estudis geotècnics considerin la possibilitat d'assentaments diferencials	Indicis poc significatius. Perillositat molt baixa o negligible. Sense recomanacions específiques	Existència d'antecedents. Estudi d'inundabilitat rieres del municipi

FITXES

Àrea de Caldes d'Estrac

Punt 1		
Perillositat	Tipus	Despreniments
	Grau	Mitjana
Propostes		Estudi de detall que estimi la vulnerabilitat dels carrers inferiors a mig i llarg termini. En cas de que sigui necessari prendre mesures orientades a l'eliminació o estabilització de blocs inestables.

Punt 2		
Perillositat	Tipus	Despreniments
	Grau	Baixa
Propostes		Sanejament de blocs inestables.

Punt 3		
Perillositat	Tipus	Despreniments
	Grau	Baixa
Propostes		Limitar l'accés de persones a l'àrea on poden caure blocs i/o sanejament de blocs inestables.

Punt 4		
Perillositat	Tipus	Esllavissades
	Grau	Baixa
Propostes		Manteniment del talús per evitar l'acumulació de material alterat.

Punt 5		
Perillositat	Tipus	Esllavissades
	Grau	Baixa
Propostes		Manteniment del talús per evitar l'acumulació de material alterat. Reompliment del buit de material darrera del formigó projectat per evitar el seu deteriorament.

Punt 6		
Perillositat	Tipus	Despreniments
	Grau	Baixa
Propostes		Manteniment del talús per evitar la caiguda de blocs inestables.

Punt 7		
Perillositat	Tipus	Esllavissades i despreniments
	Grau	Baixa
Propostes		Manteniment del talús per evitar l'acumulació de material alterat. Instal·lació de malles que canalitzin els blocs despresos cap al peu del talús i no permetin la seva propagació cap als edificis.

Punt 8		
Perillositat	Tipus	Esllavissades
	Grau	Baixa
Propostes		Manteniment del talús per evitar l'acumulació de material alterat.

Punt 9		
Perillositat	Tipus	Esllavissades
	Grau	Baixa
Propostes		Manteniment del talús per evitar l'acumulació de material alterat.

Punt 10		
Perillositat	Tipus	Esllavissades
	Grau	Baixa
Propostes		Manteniment del talús per evitar l'acumulació de material alterat.

Punt 11		
Perillositat	Tipus	Esllavissades
	Grau	Baixa
Propostes		Manteniment del talús per evitar l'acumulació de material alterat.

Punt 12		
Perillositat	Tipus	Esllavissades
	Grau	Baixa
Propostes		Manteniment del talús per evitar l'acumulació de material alterat.

Punt 13		
Perillositat	Tipus	Esllavissades
	Grau	Baixa
Propostes		Realització d'estudis que valorin el factor de seguretat d'aquest talús i proposi mesures de protecció en cas de que sigui necessari

RECULL FOTOGRÀFIC



Fotografia 13. Punt 1: Detall talús al Camí Ral.



Fotografia 14. Punt 1: Detall de bloc inestable.



Fotografia 15. Punt 2: Detall de blocs inestables.



Fotografia 16. Punt 4: Aspecte general del talús.



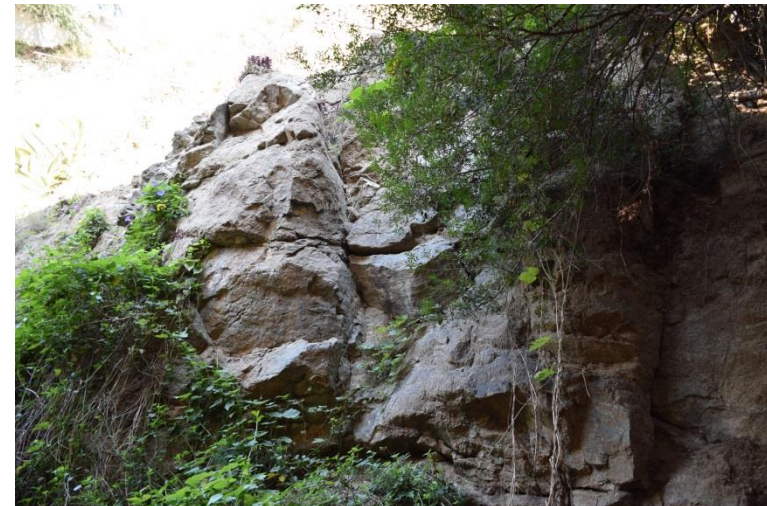
Fotografia 17. Punt 5: Pèrdua de material darrera del formigó projectat.



Fotografia 18. Punt 5: Detall esquerra en formigó projectat.



Fotografia 19. Punt 6: Talús al costat del viaducte N-II.



Fotografia 20. Punt 7: Detall masses inestables.



Fotografia 21. Punt 8: Aspecte general talús amb formació de petits aixaragalls.



Fotografia 22. Punt 9: Aspecte general talús. Es pot observar el material acumulat al peu del talús.



Fotografia 23. Punt 10: Aspecte general del talús.



Fotografia 24. Punt 11: Aspecte general del talús.



Fotografia 25. Punt 12: Aspecte general del talús.

REFERÈNCIES

- IGC (2001). *Mapa de Zones Sísmiques considerant l'efecte sòl*. Institut Cartogràfic de Catalunya.
- ISDR (1994) *Yokohama Strategy and Plan of Action for a Safer World*.
- ISDR (2015) *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction. 2015-2030*
- Ministerio de Fomento (2008). Código técnico de la edificación. *Documento básico SE-C. Seguridad en cimientos*. RD1371/2007, coor. BOE 25/01/2008.
- Ministerio de Fomento (2009). *Normas de construcción sismorresistente: Parte general y edificación*. NCSE-02.
- ICGC (2012). AP-005/12 *Estudi per a la Identificació de Riscos Geològics a Arenys de Mar (el Maresme)*.
- ICGC (2017). AP-0039/17 *Estudi per a la Identificació de Riscos Geològics a Sant Vicenç de Montalt (Maresme)*.