

24.864

ESTUDI GEOTÈCNIC

REFORMA EDIFICI PÚBLIC
Antiga Seu Caixa Tarragona
PLAÇA Imperial Tàrraco
TARRAGONA
(Tarragonès)

Client: DIPUTACIÓ TARRAGONA

WM 24.864.01 Estudi geotècnic.doc

20 de maig de 2025

ÍNDEX

- 1 INTRODUCCIÓ**
- 2 TREBALLS REALITZATS**
- 3 CONTEXT GEOGRÀFIC I GEOLÒGIC DE LA ZONA**
- 4 LITOLOGIES I/O UNITATS GEOTÈCNIQUES**
- 5 HIDROLOGIA SUBTERRÀNIA**
- 6 SISMICITAT**
- 7 CONSIDERACIONS GEOTÈCNIQUES**
- 8 CONCLUSIONS I CONSIDERACIONS**

ANNEX A
PLÀNOL DE SITUACIÓ DELS TREBALLS DE CAMP

ANNEX B
GRÀFIC DELS SONDEIGS I REPORTATGE FOTOGRÀFIC

ANNEX C
TALLS ESTRATIGRÀFICS INTERPRETATIUS

ANNEX D
ACTES DEL ASSAIGS DE LABORATORI

ANNEX E
FORMULACIÓ

ANNEX F
TAULES DE REFERÈNCIA



1 INTRODUCCIÓ

1.1 OBJECTE D'ESTUDI I ANTECEDENTS

Per encàrrec de la Diputació de Tarragona i segons les instruccions rebudes per part de la Direcció Facultativa, s'ha realitzat l'estudi geotècnic en l'obra de referència on s'ha projectat la reforma de l'antiga seu de Caixa Tarragona, que consta de 3 plantes soterrani, planta baixa i 7 plantes pis (tipus C-3).

Els continguts del present estudi geotècnic faran referència a:

- a. Anàlisi del context de la zona des del punt de vista geològic i geotècnic.
- b. Definició del perfil litològic del subsòl i de les característiques geotècniques d'identificació, resistència i deformabilitat de les capes travessades.
- c. Determinació de la cota del nivell freàtic, sempre que es detecti a la profunditat investigada.
- d. Sismicitat de la zona.
- e. Anàlisi dels resultats obtinguts per tal de donar un seguit de consideracions respecte a la fonamentació actual, capacitat portant admissible, assentaments, ripabilitat del terreny.



2 TREBALLS REALITZATS

Donat que els sondeigs s'han tingut que fer des de la tercera planta soterrani, el tipus de maquinària ha estat condicionada per aquest fet, tant pels accessos com per les alçades de treball i per tant la potència de perforació es veu afectada per aquest fet.

2.1 ASSAIGS IN SITU

2.1.1 Sondeigs a rotació

Durant el dia 27 i 28 de març de 2025 es van realitzar **2 sondeig (S-1 i S-2)** a rotació i clavament a pressió amb obtenció de mostra contínua mitjançant una sonda hidràulica TECOINSA PDP amb les següents característiques:

CARACTERÍSTIQUES TECOINSA PDP	
Pes total	850 kg
Potència motor	13 CV
Tir màxim	11 Tm

El barnillatge utilitzat van ser bateries simples de 86-76 mm de diàmetre equipades amb corones de vídia.

2.1.2 Sondeigs a percussió

Durant el mateix dia es va realitzar **1 sondeigs (P-1)** o assaigs a percussió dinàmica, de tipus DPSH, seguint les especificacions establertes en la norma UNE-EN ISO 22476-2:2008. S'ha utilitzat una sonda de penetració dinàmica hidràulica instal·lada en la sonda TECOINSA PDP.

Aquest tipus d'assaig o sondeig consisteix a clavar un barnillatge metàl·lic i normalitzat que avança en el terreny mitjançant la caiguda d'un pes lliure. El nombre de cops que són necessaris per a penetrar 20 cm proporciona una dada qualitativa de la resistència del terreny anomenada N_{20} .

La sonda emprada presenta les següents característiques, tal i com indica la normativa:

CARACTERÍSTIQUES SONDA PERCUSSIÓ	
M Pes martell	63,5 kg
H alçada de caiguda de M	76 cm
A Secció de la punta	20 cm ²

El colpejament N_{20} que s'obté en l'assaig penetromètric es pot correlacionar empíricament amb el colpejament N obtingut en un assaig SPT (*Standard Penetration Test*).



En el cas de litologies majoritàriament cohesives podem aplicar l'expressió de Dapena et. al (2000) següent:

$$N_{SPT} = (13 \cdot \log N_{DPSH}) - 2$$

Mentre que per a litologies detrítiques es recomana l'expressió de Daghler (1987):

$$N_{SPT (AUT.)} = 25 \cdot \log (1.22 N_{DPSH}) - 15,16 / 1,27$$

2.1.3 Cotes

Els treballs de camp han estat en tot moment controlats i/o supervisats per un geòleg especialista en geotècnia, que va recollir les dades de camp necessàries per complementar l'estudi de camp.

Tot seguit es detalla la cota relativa d'inici i la profunditat assolida en els sondeigs:

SONDEIG	COTA D'INICI	PROFUNDITAT ASSOLIDA
S-1	0.0	6.0 m
S-2	0.0	6.0 m
P-1	0.0	1.5 m (rebuig)

La cota de referència 0.0 és la del paviment de l'actual tercera planta soterrani. Cal tenir en compte que els valors de les cotes són orientatius (no s'han utilitzat mètodes de mesura exactes).

La profunditat assolida s'ha mesurat considerant com a cota de referència 0.0 m la d'inici del sondeig.

La columna litològica obtinguda en cada sondeig es representa en forma de gràfic esquemàtic a l'annex B.

2.1.4 Assaigs SPT i mostres representatives

A l'interior dels sondeigs es van realitzar un total de **2 SPT** (*Standard Penetration Test*), prova que consisteix a clavar un aparell normalitzat bipartit mitjançant la caiguda lliure d'una massa de 63,5 kg de pes, des d'una alçada de 76 cm, tal i com estableixen les especificacions definides en la norma UNE-EN ISO 22476-3:2006.

Les característiques del mostrejador bipartit són les següents:

CARACTERÍSTIQUES MOSTREJADOR	
Longitud	813 mm
Diàmetre exterior	51 mm
Diàmetre interior	35 mm
Pes total	7,14 kg

Aquest aparell bipartit permet la recuperació d'una mostra representativa del subsòl assajat.



La introducció de l'aparell s'efectua en tres o quatre trams de 15 cm cadascun, i s'anota el número de cops que ha de fer la massa per permetre la penetració de l'aparell en el terreny.

El número de cops necessari per clavar l'aparell el primer tram de 15 cm s'anomena "penetració d'assentament (N_0)".

S'anomena resistència a la penetració N_{30} el valor total de la suma de cops necessaris per clavar dins el terreny el mostrejador bipartit el segon i tercer trams de 15 cm.

Es pot finalitzar l'assaig si s'assoleix un número de cops ≥ 50 , i es considerarà rebuig (R_b). Per a roques toves aquest rebuig (R_b) es podria considerar en un número de cops ≥ 100 .

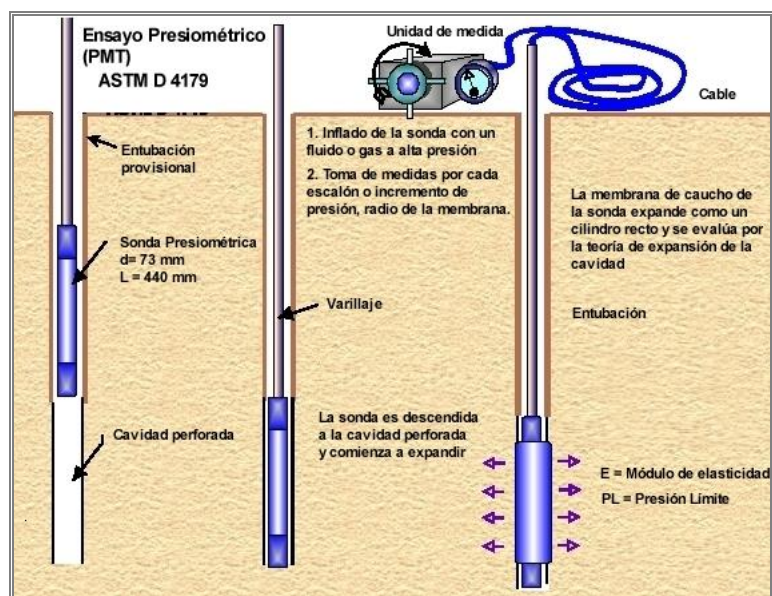
Tota la testificació litològica recollida en els treballs de camp queda reflectida en els gràfics dels sondeigs, adjunts en l'annex B.

Donat que els sondeigs s'han realitzat pràcticament en la seva totalitat en un massís rocós, s'han agafat 3 mostres representatives per tal de poder realitzar els assaigs de laboratori.

2.1.5 Assaigs pressiomètrics

A l'interior dels sondeigs s'han fet dos assaigs pressiomètrics que consisteixen a efectuar una posada en càrrega lateral creixent de el terreny per mitjà d'una sonda cilíndrica unicel·lular dilatatable radialment i que s'introdueix en una perforació realitzada prèviament, amb la major cura d'alterar el mínim possible les característiques naturals de terra.

Aquests assajos es realitzen amb la norma de referència ASTM-D 4719, utilitzant-se un equip monocel·lular "OYO 4181 ELASTMETER 2 HQ SONDE".



Imatge 2-1. Esquema de l'assaig pressiomètric

Aquest mètode d'assaig s'utilitza per obtenir dades d'esforços - deformació d'un determinat sòl o roca in situ.

L'equip pressiomètric es divideix en el cos del pressiòmetre (dispositiu que s'introdueix a l'interior del sondeig a la cota desitjada d'assaig) així com la unitat de mesura i l'equip de pressió que romanen a la superfície.

Els elements que formen part de l'equip queden connectats amb el cable de dades i la mànega que subministra la pressió necessària per efectuar l'assaig que al seu torn està connectat en superfície a l'equip que subministra la pressió.

Aquest sistema de pressió ha de ser capaç d'assolir pressions de fins a 20 MPa. L'aire s'introdueix en el sistema mitjançant un mecanisme regulador o manoreductor de precisió connectat a les bombones d'aire comprimit mitjançant un adaptador.

Aquest pressiòmetre consisteix en un cos central d'acer a què se li adapta mitjançant rosca una camisa que presenta un diàmetre de 72 mm i 520 mm de longitud.

Les parets de la camisa consisteixen en una membrana interna i de cautxú i una beina exterior flexible que s'adapta a la cavitat del sondeig a mesura que se li va sotmetent als diferents esglaons de pressió. Hi ha diferents tipus de camises que s'empraran segons les característiques i condicions de el terreny a assajar (Camisa dura, tova, flexible etc.).

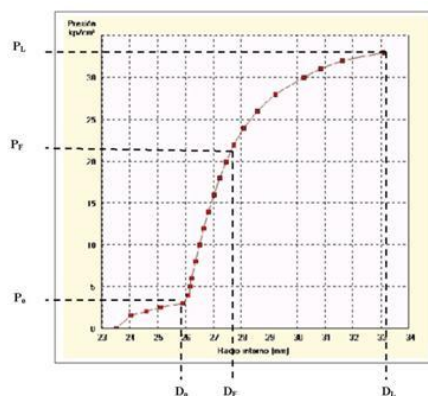
L'assaig pressiomètric s'analitza a partir de la teoria elastoplàstica de l'expansió d'una cavitat cilíndrica en un mitjà indefinit, permetent determinar paràmetres de resistència i deformació "in situ" a la profunditat desitjada, principal avantatge respecte a altres tipus d'assajos limitats per la profunditat. S'obté de cada assaig el Mòdul pressiomètric (E_m), Pressió de Fluència (P_f) i Pressió Límit (P_l).

Em: Mòdul pressiomètric: estudi de la fase elàstica de l'assaig.

Pf: Pressió de fluència: pressió corresponent a la fi de la fase elàstica de l'assaig.

Pl: Pressió límit: es defineix com la pressió a la qual el volum de la sonda es converteix en dues vegades el volum de la cavitat original de terra.

Els resultats inclouen la presa de dades de pressions i deformacions assolides i les seves respectives correccions. De la mateixa manera s'inclouen la corba d'expansió pressiomètrica, corba de fluència bruta i la determinació indirecta de la pressió límit, aquestes dues últimes allà on s'han pogut obtenir aquests paràmetres.



Imatge 2-2. Corba pressiomètrica

2.2 ASSAIGS DE LABORATORI

Totes les mostres recollides en els treballs de camp han estat traslladades i seleccionades per ser sotmeses als següents assaigs de caracterització mecànica i química, necessaris per a la definició geotècnica del subsòl i seguint sempre la normativa vigent.

A continuació es desglossen el assaig de laboratori realitzats, els resultats dels quals s'exposen en capítols posteriors i se n'adjunten les actes de laboratori a l'annex D:

ASSAIG REALITZAT	NORMATIVA	NÚMERO
Granulomètrica en sòls per tamisat	UNE 103101:1995	4
Determinació dels límits d'Atterberg:		
Determinació del límit líquid d'un sòl pel mètode de l'aparell de Casagrande	UNE 103104:1993	4
Determinació del límit plàstic d'un sòl	UNE 103103:1994	4
Humitat de sòl mitjançant l'assecat en estufa	UNE 103300:1993	4
Sòls agressius. Determinació del contingut d'ió sulfat en sòls. Durabilitat del formigó.	UNE 83963:2008	2
Tall directe CD submergit	UNE 103401:1998	1
Expansivitat Lambe	UNE 103600:1996	1



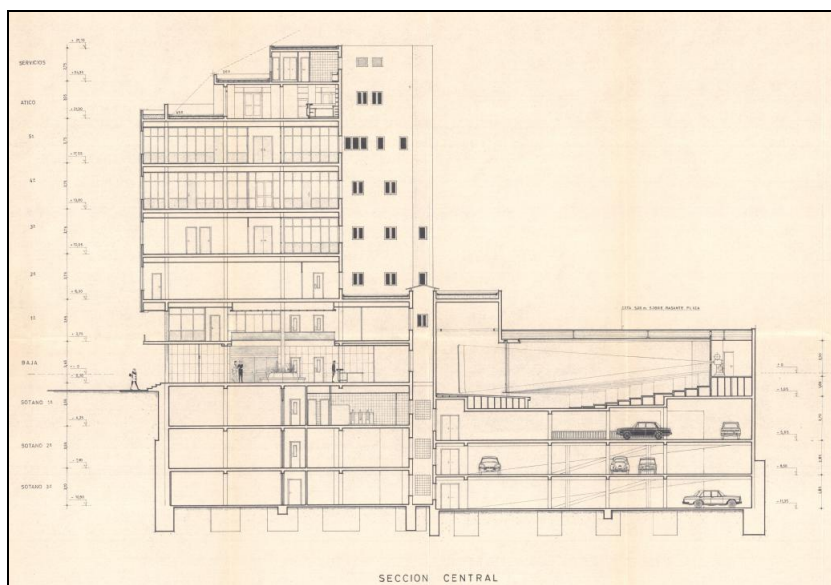
3 CONTEXT GEOGRÀFIC I GEOLÒGIC DE LA ZONA

L'edifici estudiat se situa a la plaça Imperial Tàrraco, sent antigament la seu de La Caixa de Tarragona.



Imatge 3-1. Situació geogràfica de la zona d'estudi (font ICGC)

L'actual edifici presenta 3 plantes soterrani, trobant-se, segons projecte original la solera de la planta més baixa a cota -10.90 respecte al carrer.



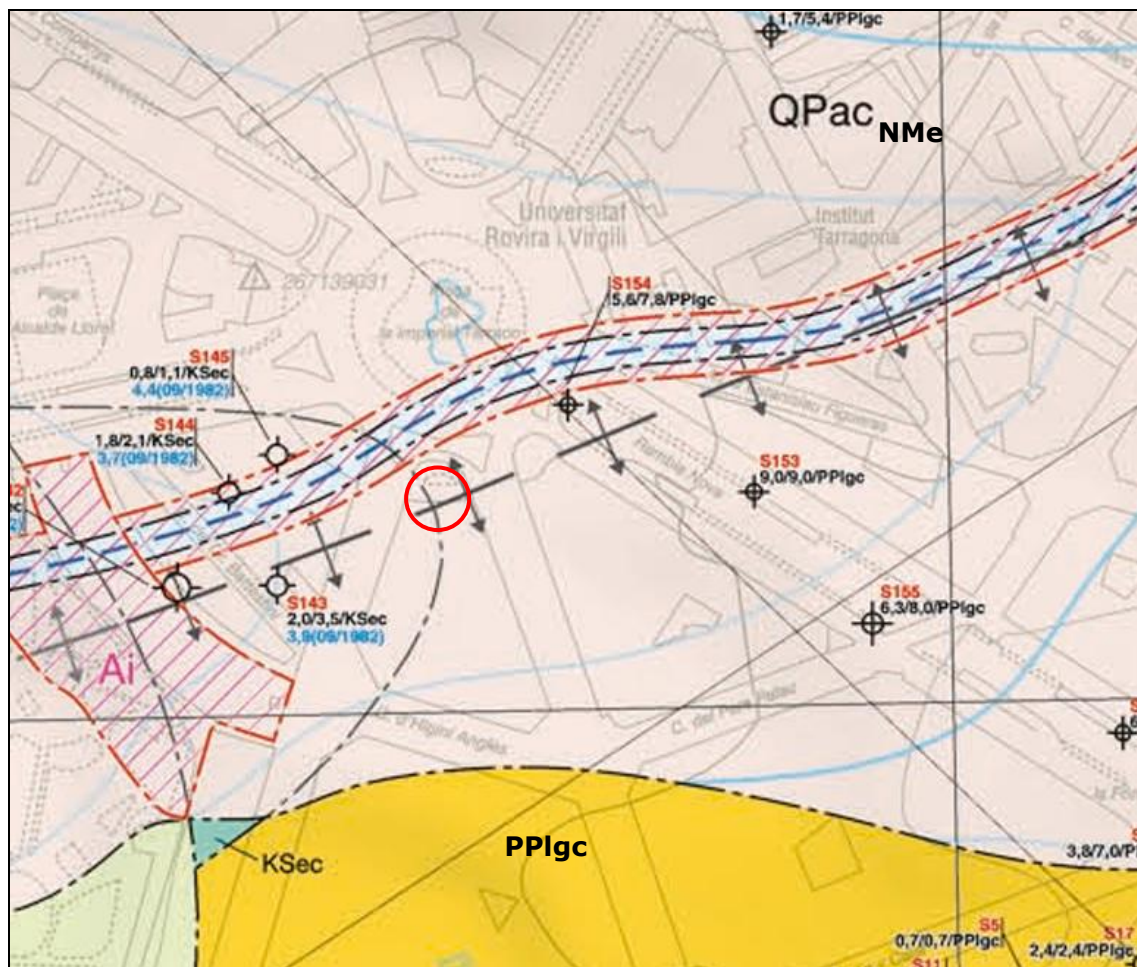
Imatge 3-2. Secció de l'edifici segons projecte original (font DF)



Geològicament, la ciutat de Tarragona se situa a cavall entre les últimes estivacions de la Serralada Litoral Catalana, constituïda aquí per litologies carbonatades, calcàries i dolomies, i la Depressió Reus-Valls o Camp de Tarragona, fossa de l'edat Terciària, de caràcter tectònic, situada entre les Serralades Prelitoral i Litoral Catalanes.

Concretament la zona estudiada es situa damunt de la Serralada Litoral Catalana en una zona amb una forta tectònica, amb encavalcaments i falles que dificulten en gran mesura la correlació entre estrats.

Segons la cartografia de l'Institut Geològic i Cartogràfic de Catalunya (ICGC), els materials aflorants en aquesta zona són els següents:



Ai: Reblerts associats a rieres i antròpics.
Qpac. Plana al·luvial. Graves, sorres i lutites. Edat: Holocè.
PPigc: Lutites, gresos i conglomerats edat: Miocè.
KSec: Calcàries, margues i lutites. Edat: Cretaci

Imatge 3-3. Cartografia geològica de la zona (font ICGC).



4 LITOLOGIES I/O UNITATS GEOTÈCNIQUES

A partir dels treballs realitzats, i juntament amb els coneixements de la zona, es poden definir els següents nivells o unitats geotècniques:

4.1 NIVELL 0: Paviments i reblerts

Sota el paviment de formigó i fins a una fondària de l'ordre de 1.4 m es troba un reblert de còdols de riu, graves, sorres i runes de construcció, que se suposa que es van col·locar per regularitzar la zona un cop excavada i per la presència del nivell freàtic a poca fondària.

4.2 NIVELL A: Substrat rocós. Lutites marró vermelloses amb nivells de gresos i graves de calcàries.

Per sota el nivell 0, i fins al final dels sondeigs, es troba el substrat de la zona constituït per un massís rocós format per unes lutites sorrenques de color marró vermellós ataronjat amb nòduls de carbonat, graves de calcàries de gra fi disperses i passades erràtiques de gresos que presenten gruixos centimètrics a decimètrics.



Imatge 4-1 A l'esquerra en el quadre vermell el paviment i el nivell de reblert. Per sota el substrat de lutites sorrenques marró vermelles amb nòduls de carbonat. Y graves de calcària.

Superficialment aquest substrat pot presentar un nivell carbonatat de gruix centimètric.

Geotècnicament, es tracta d'un sòl cohesiu de gra fi, que presenta una plasticitat baixa, una agressivitat inapreciable enfront al formigó i una expansivitat no crítica, si bé presenta una certa susceptibilitat en front l'aigua, amb pèrdua de fins al 30 % de la seva consistència.

Respecte a les característiques resistents, aquestes són molt bones i permet catalogar-los en general, de molt fortes a dures amb trams de roca tova a roca moderadament dura, que es correspondrien amb els nivells de sorres cimentades (gresos).

Quant a la seva deformabilitat, aquesta es baixa per raó del seu grau de preconsolidació.

Dades obtingudes a partir dels assaigs de camp o *in situ* realitzats:

Assaig SPT (N_{30})	28-Rebuig
Pressió límit (PI)	3.95-9.60 MPa
Mòdul pressiomètric (E_p)	73.39-251.25 MPa
Mòdul de tall (G_p)	28.23-96.64 MPa

Dades que s'obtenen a partir dels assaigs de laboratori realitzats:

Classificació USCS	ML-CL (SM)
% fins (llims i argiles)	78-85 %
Humitat	14.2-15.2 %
Límit líquid	35-39
Índex de plasticitat	9-15
Contingut en sulfats	189-236 mg/kg
Expansivitat Lambe	0.56 kg/cm ²
Vane test c_u	2.9->4.5 kg/cm ²
Cohesió efectiva	40kPa
Pes específic aparent	1.98 t/m ³
Angle de fregament intern efectiu	25°

Paràmetres estimats segons taules de valors recomanades en el CTE i altres:

Permeabilitat K_z	10 ⁻⁷ - 10 ⁻⁹ cm/s
Coeficient de balast k_{30}	7-12 kp/cm ³
Coeficient de Poisson	0.25
Coeficient de Poisson no drenat	0.50
Mòdul de elasticitat	25-50 MN/m ²
Mòdul de elasticitat no drenat	40-150 MN/m ²
Cohesió c'	0.25-0.56 kg/cm ²
Pes específic aparent δ	1.93-1.98 t/m ³
Angle de fregament intern φ'	28-29°
Compressió simple	3.2-5.5 kg/cm ² *

*correlació a partir del valor d'assaig SPT

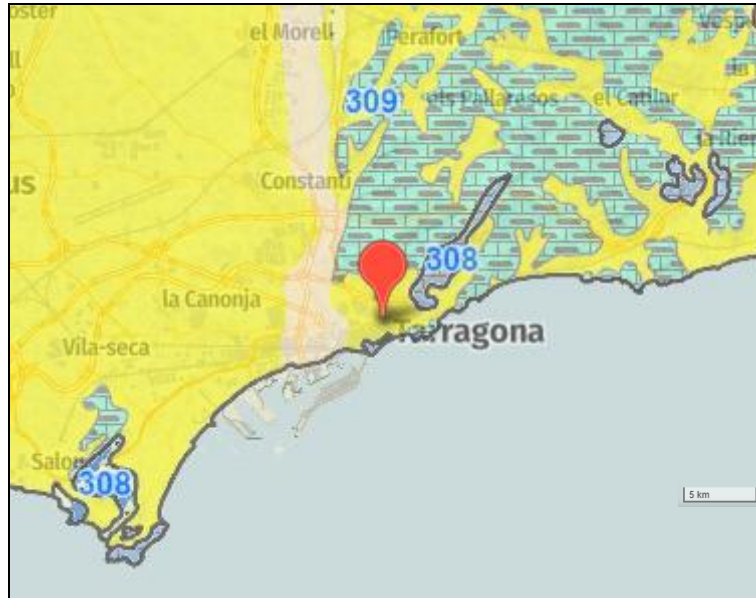
Per informació geològica d'arxiu, aquests materials presenten un gruix de varies desenes de metres, mantenint-se les característiques geotècniques en fondària.



5 HIDROLOGIA SUBTERRÀNIA

5.1 CONTEXT HIDROGEOLÒGIC

La zona objecte d'estudi es troba situada dins l'àrea hidrogràfica de la depressió del Camp de Tarragona (309), dins el tercer sector de les àrees litorals.



Imatge 5-1. Mapa hidrogeològic de Catalunya.

Concretament, l'àrea d'estudi s'emplaça sobre l'aquífer detrític plioquaternari del camp de Tarragona-Baix Camp (309I02). Aquest correspon a formacions de dipòsits detrítics del Miocè marí, neògens i quaternaris, els quals conformen un aquífer porós en medi detrític granular i càrstic de tipus predominantment lliure i amb una porositat principalment intergranular, càrstics i per fissuració.

Cal senyalar que la zona es troba a prop de la cova de Tarragona, si bé es considera que en principi aquesta no té incidència en el projecte.

5.2 NIVELL FREÀTIC

Durant l'execució dels sondeigs (27-28/03/25) es va trobar aigua a una fondària de 1.8 m respecte a la boca dels sondeigs i que en les cales obertes es pot veure perfectament i que probablement té en el nivell superficial del substrat la seva base impermeable.

Per informació d'arxiu, aquestes aigües no són agressives al formigó.

6 SISMICITAT

6.1 SISMICITAT DE LA ZONA

Segons la *Norma Básica de la Edificación (NCSE)*, el terme municipal de Tarragona presenta una acceleració sísmica bàsica (a_b) de $0.04 \cdot g$, és a dir 0.392 m/s^2 , i amb un coeficient de contribució k d'1.0.

6.2 ACCELERACIÓ SÍSMICA DE CàLCUL

L'acceleració sísmica de càlcul (a_c), respon a la següent equació:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

On:

a_b és l'acceleració sísmica bàsica, definida aquí com $0.05 \cdot g$ (m/s^2)

ρ és el coeficient adimensional de risc, funció de la probabilitat acceptable que s'excedeixi a_c en el període de vida que es projecti en la construcció prevista. Se'n consideren 2 valors:

construccions d'importància normal $\rho=1.0$
construccions d'importància especial $\rho=1.3$

S és el coeficient d'amplificació del terreny, que per valors on $\rho \cdot a_b < 0.1 \cdot g$, com seria el cas estudiat, s'aplica $S=C/1.25$.

I on C és un coeficient de terreny que depèn de les característiques geotècniques, agafat aquí amb valor 1.28 (mitja ponderada) considerant un terreny tipus IV-I fins a fondàries d'uns 30.0 metres.

Per tant, s'obtenen uns valors d'acceleració sísmica de càlcul (a_c), segons el tipus de construcció:

TIPUS DE CONSTRUCCIÓ	ACCELERACIÓ DE CàLCUL, a_c	
Normal	0.0411 g	0.4030 m/s^2
Especial	0.0535 g	0.5239 m/s^2



7 CONSIDERACIONS GEOTÈCNIQUES

El projecte al que fa referència el present estudi consisteix en la reforma de l'actual edifici públic.

En aquest capítol s'exposen un conjunt de consideracions respecte de la proposta de fonamentacions, la ripabilitat del terreny.

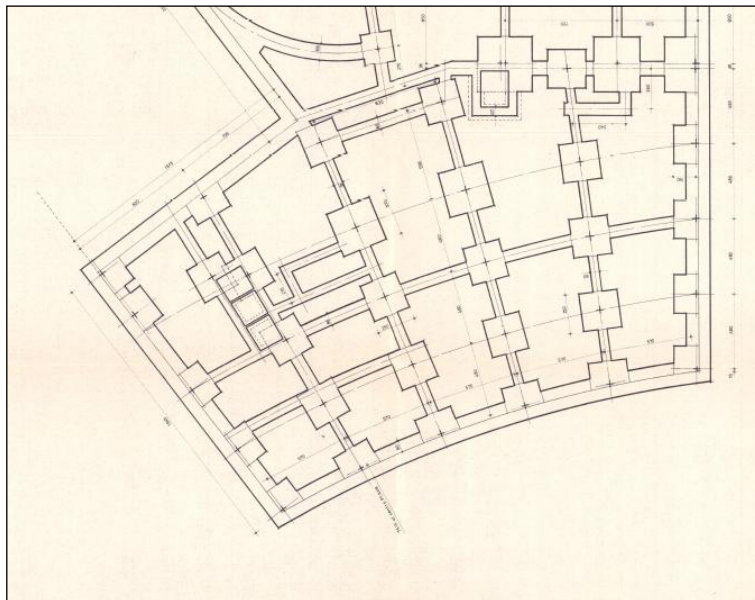
7.1 ESTUDI DE FONAMENTS ACTUALS

A partir de les informacions obtingudes en les cales realitzades i de les dades del projecte original, la fonamentació es a base de pous de formigó pobre amb longituds de l'ordre de 1.8 m, transmeten, segons projecte, una tensió de servei de 2.5 kg/cm^2 , valor que s'haurà de comprovar amb el nou estat de càrregues.

El nivell de fonamentació per tant és el nivell A, substrat de lutites vermelles amb gresos i graves de calcària.

En el nostre cas, donat que l'edifici es troba totalment assentant per les pressions que aquest transmet al terreny, podem estimar que estem en condicions drenades i que per tant les pressions intersticials ja s'han dissipat, ja hi ha hagut drenatge, i en conseqüència el terreny presenta el seu angle de fregament i cohesió en termes de tensions efectives.

Així, en el nostra cas, considerem que els actuals fonaments son sabates quadrades amb unes dimensions de 2.50 m a 3.00 m de B segons el plànol facilitat.



Imatge 7-1. Plànol de fonamentació del projecte original (font DF).

Donat que treballem amb pressions efectives (c i ϕ), la pressió d'enfonsament d'una cimentació directa continua, segons la fórmula general expressada en el CTE, serà de:

$$q_h = c N_c d_c s_c i_c t_c + q_0 N_q d_q s_q i_q t_q + \frac{1}{2} B \gamma N_\gamma d_\gamma s_\gamma i_\gamma t_\gamma$$

on

c es la cohesió efectiva del terreny (kN/m²)

q₀ es la pressió vertical efectiva a la cota de cimentació (kN/m²)

B es l'amplada de la cimentació (m)

γ es el pes específic del terreny on recolza la cimentació (kN/m³)

N_c, N_q, N_γ son factors de capacitat de carrega que depèn de l'angle de fregament

d_c, d_q, d_γ son coeficients correctors de profunditat (adimensionals)

s_c, s_q, s_γ son coeficients correctores dependents de la forma de la cimentació (adimensionals)

i_c, i_q, i_γ son coeficients correctores en funció de la resultant de accions respecte de la vertical (adimensionals)

t_c, t_q, t_γ son coeficients correctores, aplicables quan la cimentació està a prop d'un talús (adimensionals)

En el nostre cas tenim a partir dels resultats obtinguts i situant-nos del costat de la seguretat, la cohesió presenta valors de 40 kPa i l'angle de fregament de 25°, amb un pes específic de 1.90 tn/m³.

En conseqüència substituint en la fórmula general, tenim:

TIPOLOGIA DE FONAMENT.	Pressió d'esfondrament
Sabata quadrada	13.64 kg/cm ²

Aplicant un factor de seguretat de 3 tindrem un valor de capacitat portant admissible.

TIPOLOGIA DE FONAMENT.	Capacitat portant admissible en ELU
Sabata quadrada	4.54 kg/cm ²

Aquest valor és inferior al del projecte original, 2.5 kg/cm², si bé s'haurà de validar amb la tensió que transmet actualment la fonamentació i amb el nou estat de càrregues.

Respecte als assentaments, es considera que l'estructura es troba totalment assentada per les càrregues que ha sofert, si bé en el moment de tornar a carregar l'estructura, degut al relaxament que ho sofert el terreny des de la desocupació de l'edifici, pot donar-se un cert assentament de recàrrega, que en principi serà inferior a 2.5 cm pel valor obtingut en les recàrregues en els assaigs pressiomètrics.



7.2 RIPABILITAT

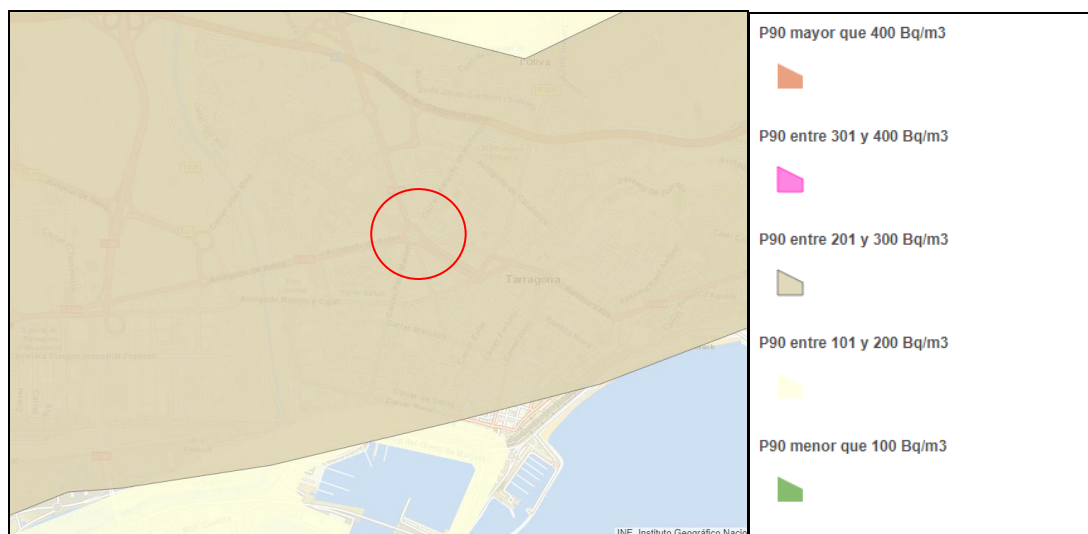
L'excavació del terreny presentarà les dificultats habituals per espais que dona lloc l'espai i la presència de nivell freàtic a partir dels 1.5 m a 1.8ert, serà dificultós degut a que ja estarem damunt del substrat rocós i per tant s'hauran d'emprar martells trencadors.

7.3 POTENCIAL DE RADÓ

Com a conseqüència de la nova normativa del CTE, i de la Secció HS 6 Protecció enfront l'exposició al radó, a on per limitar el risc d'exposició dels usuaris a concentracions inadequades de radó procedent de el terreny a l'interior dels locals habitables, s'estableix un nivell de referència per la mitjana anual de concentració de radó a l'interior dels mateixos de 300 Bq/m³.

Per tal d'identificar en primera instància si el municipi a on es troba l'obra entra dins de les zones I i II establertes en la secció HS 6, es parteix de la cartografia del potencial de radó a Espanya, desenvolupada pel Consejo de Seguridad Nuclear, a on categoritza les zones del territori estatal en funció dels seus nivells de radó i, en particular, identifica aquelles en què un percentatge significatiu dels edificis residencials presenta concentracions superiors a 300 Bq/m³.

En el nostre cas, la zona estudiada presenta unes concentracions de radó entre 201 i 300 Bq/m³, i es situa en zona I segons el CTE.



Imatge 7-2 –Mapa del potencial de radó segons el Consejo de Seguridad Nuclear

8 CONCLUSIONS I CONSIDERACIONS

8.1 SÍNTESI

Tipus Estructura	Edifici públic de 3PS+PB+7PP Tipus C-3
Treballs realitzats:	Degut als condicionants de l'obra, els sondeigs s'han tingut que fer a la 3 planta soterrani amb maquinària de reduïda potència. 2 sondeig a rotació amb obtenció de mostra contínua a una fondària de 6.00 m i 1 assaig DPSH.. Es van aprofundir els sondeigs fins a assolir un nivell suficientment resistent per a l'edificació i fonamentació previstes, seguint les recomanacions establertes en el CTE.
Unitats detectades:	Nivell 0. Paviment i reblert de còdols de riu, graves i runes de construcció. Gruix de l'ordre de 1.4 m. Nivell A, Substrat de lutites sorrenques de color marró, vermellós i ataronjat amb nòduls de carbonat, graves de calcàries i passades erràtiques de gresos que presenten gruixos centimètrics a decimètrics. Molt fort a dur amb trams de roca tova a roca moderadament forta.
Nivell freàtic	Si a 1.8 m.
Agressivitat de sòl	No
Tipologia de la fonamentació actual	Pous de 1.80 a 1.90 m reposant en el nivell A.
Capacitat portant admissible en condicions ELU	4.54kg/cm ² . Es considera que l'edifici està totalment assentat per les càrregues actuals. S'haurà de comprovar que el nou estat de càrregues no sigui superior al valor anterior.

8.2 COMENTARIS

La síntesi exposada anteriorment s'ha de considerar com a tal, caldria atendre en tot moment a les especificacions i recomanacions recollides en el present estudi pel que fa a cadascun dels factors a considerar en cada aspecte determinat, ja que existeixen generalitats i particularitats que s'esmenten en cadascun dels capítols i apartats específics.



WINDMILL Structural Consultants, S.L.P. resta a la vostra disposició per a tots aquells comentaris o aclariments que, respecte d'aquest estudi, ens vulgueu fer, així com per a qualsevol dubte que es plantegi durant els moviments de terres i l'obertura de rases de fonamentació quant al tipus de terreny observat, per tal de determinar el tipus d'actuació més convenient a seguir.

El present estudi ha estat redactat en tot moment considerant els requisits establerts per la normativa i la legislació vigent.

Tarragona, 20 de maig de 2025:

Firmat:



Joan Recasens Bertran
Geòleg col·legiat núm. 1366 i Soci de
WINDMILL Structural Consultants, S.L.P.

Aprobat:

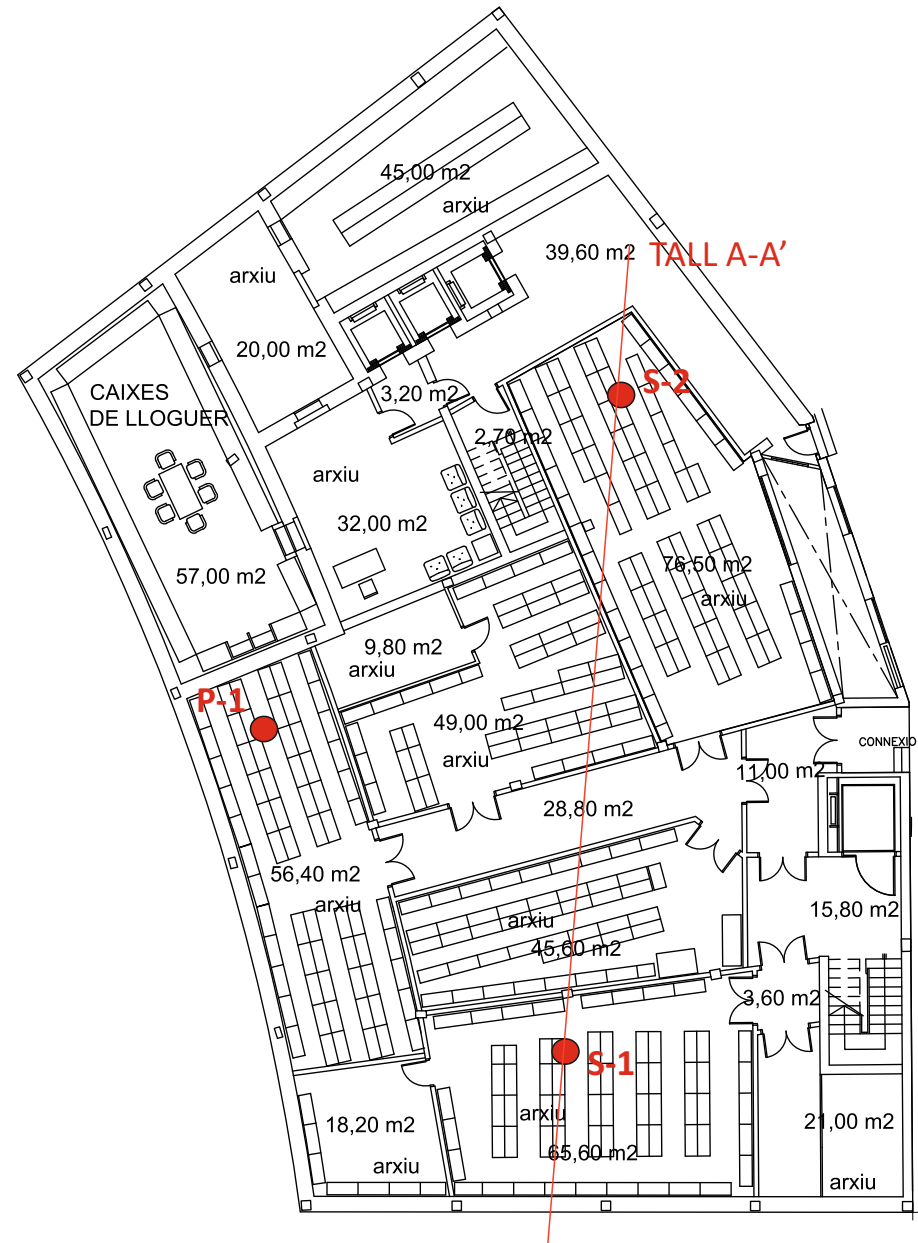


Josep Ramon Solé Marzo
Dr. Arquitecte i Soci Director de
WINDMILL Structural Consultants, S.L.P.

ANNEX A. PLÀNOL DE SITUACIÓ DELS TREBALLS DE CAMP



PLÀNOL DE SITUACIÓ GENERAL ESCALA GRÀFICA



PLÀNOL SITUACIÓ DELS SONDEIGS. ESCALA 1:250

ANNEX B. GRÀFIC DELS SONDEIGS I REPORTATGE FOTOGRÀFIC

SONDEIG S-1		MÀQUINA: TECOINSA TP-30 SISTEMA DE PERFORACIÓ: Bateria de 86 mm DATA: 27 de març de 2025										
LITOLOGIA	CLASSIFICACIÓ U.S.C.S	COTA	FONDÀRIA	ASSAIG SPT Núm. de MOSTRA	ALTRES ASSAIGS	HUMITAT	LÍMIT LÍQUID	ÍNDEX DE PLASTICITAT	COMPRESSIÓ SIMPLE (kg/cm²)	COHESIÓ (kg/cm²)	ANGLE DE FREGAMENT	NIVELL FREÀTIC
		+0.0										
Nivell 0: Paviment i reblert heterogeni amb còdols i graves	1.4		0									
			1	1,2 Rb 14/Rb 1,4								
NIVELL A: substrat de lutites de color marró a vermellós i taronja amb nòduls de carbonat, graves de calcària dispersa i nivells de gresos. Molt fort a dur passant a roca tova a moderadament dura en fondària.	ML		2									
			3	3.0 28 14/11/17/14 3.6	G,S Ex	14.2	39	15		0.40	25	
			4	4.2 MR 4.8								
			5									
				6								
				7								
	8											
	9											
Final del sondeig a 6.0 m			10									



Situació sondeig S-1



Mostra de 0.0 a 3.0 m



Mostra de 3.0 a 6.0 m



Mostra del SPT de 1.2 a 1.4 m



Mostra del SPT de 3.0 a 3.6 m

SONDEIG S-2		MÀQUINA: TECOINSA TP-30 SISTEMA DE PERFORACIÓ: Bateria de 86 mm DATA: 28 de març de 2025										
LITOLOGIA	CLASSIFICACIÓ U.S.C.S	COTA	FONDÀRIA	ASSAIG SPT	ALTRES ASSAIGS	HUMITAT	LÍMIT LÍQUID	ÍNDEX DE PLÀSTICITAT	COMPRESSIÓ SIMPLE (kg/cm²)	COHESIÓ (kg/cm²)	ANGLE DE FREGAMENT	NIVELL FREÀTIC
		Núm. de MOSTRA										
Nivell 0: Paviment i reblert heterogeni amb còdols i graves	1.4	+0.0	0									
			1									
NIVELL A: substrat de lutites de color marró a vermellós i taronja amb nòduls de carbonat, graves de calcària disperses i nivells de gresos. Molt fort a dur passant a roca tova a moderadament dura en fondària.	ML		2									NF
			3	3.0	G,S	15.2	35	9				
				37								
					4	3.6						
			5									
			6									
Final del sondeig a 6.0 m			7									
			8									
		9										
		10										



Situació sondeig S-1



Mostra de 0.0 a 3.0 m



Mostra de 3.0 a 6.0 m



Mostra del SPT de 3.0 a 3.6 m

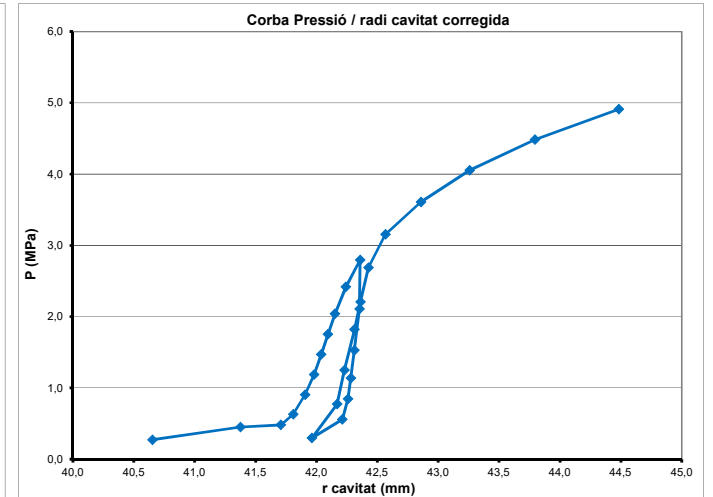
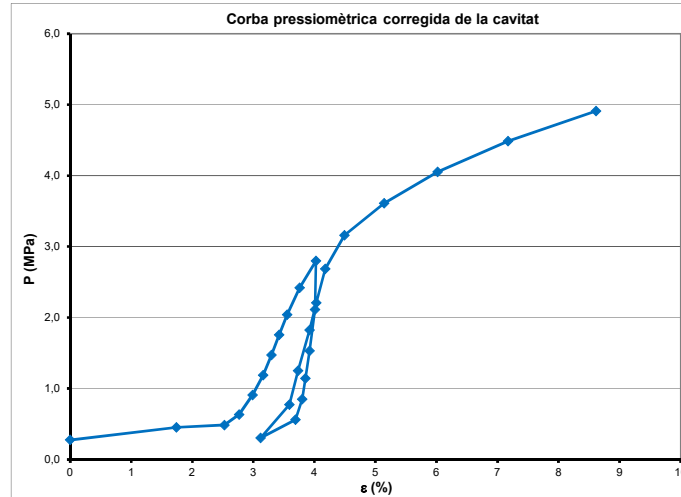
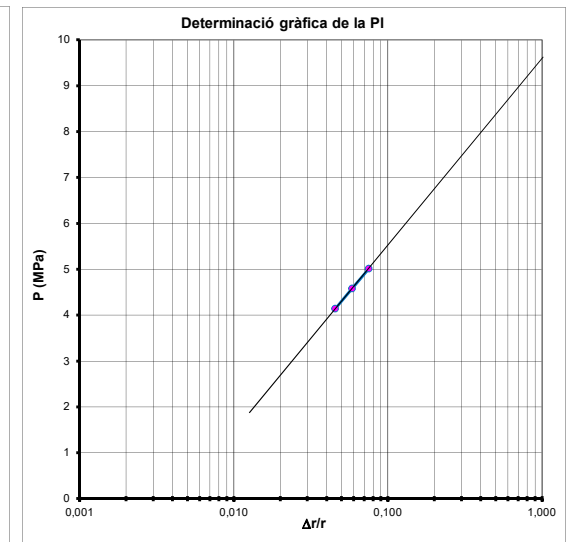
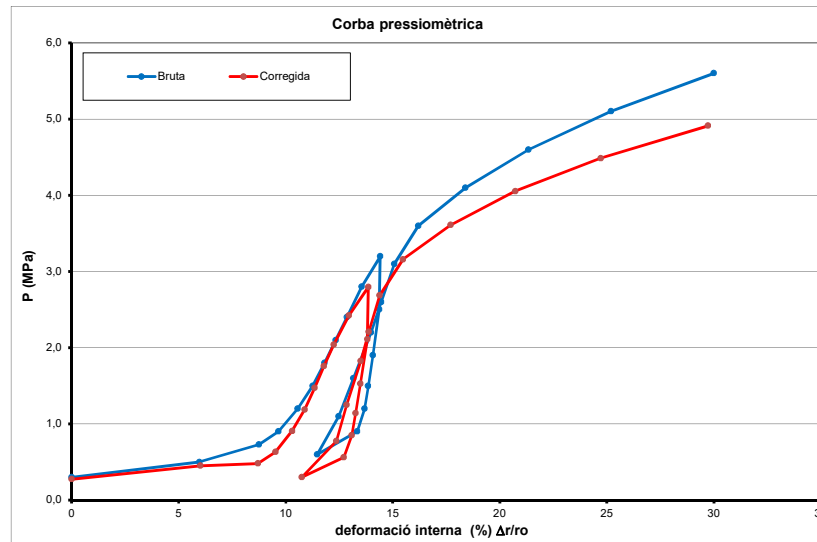
Elasmeter HQ, model 4180

Sondeig: S - 1
Tram assajat: 4.5-5.0 m
Material assajat: Luitites

Obra: Tarragona
Peticionari: Diputació Tgna

Data Assaig: 28/04/2025
Data Calibratge: 27/04/2025

P _{bruta} (Mpa)	P _{cor} (Mpa)	R ₁₅ (mm)	R ₃₀ (mm)	R ₆₀ (mm)	Δr/r0 (bruta)	ε (%)	Creep	R _{cor} (mm)
0.30	0.27	-0.47	-0.44	-0.40	0.00	0.00	0.04	40.65
0.50	0.45	0.90	0.94	0.98	5.97	1.74	0.04	41.37
0.73	0.68	1.60	1.61	1.62	8.74	2.52	0.01	41.71
0.90	0.83	1.81	1.82	1.83	9.65	2.76	0.01	41.81
1.20	0.91	2.03	2.03	2.04	10.56	2.99	0.01	41.91
1.50	1.19	2.19	2.20	2.20	11.26	3.16	0.00	41.98
1.80	1.47	2.32	2.32	2.33	11.82	3.29	0.01	42.04
2.10	1.76	2.44	2.44	2.45	12.34	3.42	0.01	42.09
2.40	2.04	2.55	2.56	2.57	12.86	3.55	0.01	42.15
2.80	2.42	2.70	2.71	2.73	13.55	3.76	0.02	42.24
3.20	2.80	2.88	2.90	2.93	14.42	4.02	0.03	42.36
2.50	2.11	2.92	2.92	2.92	14.37	4.01	0.00	42.35
1.90	1.53	2.85	2.85	2.85	14.07	3.92	0.00	42.31
1.50	1.14	2.80	2.80	2.80	13.85	3.85	0.00	42.28
1.20	0.85	2.76	2.76	2.76	13.68	3.80	0.00	42.26
0.90	0.56	2.69	2.69	2.68	13.33	3.69	-0.01	42.21
0.60	0.30	2.29	2.27	2.25	11.47	3.12	-0.02	41.96
1.10	0.77	2.47	2.48	2.48	12.47	3.59	0.00	42.17
1.60	1.25	2.64	2.64	2.64	13.16	3.73	0.00	42.23
2.20	1.82	2.82	2.82	2.83	13.98	3.92	0.01	42.31
2.60	2.21	2.94	2.94	2.94	14.46	4.03	0.00	42.36
3.10	2.69	3.06	3.06	3.08	15.06	4.18	0.02	42.43
3.60	3.16	3.29	3.32	3.34	16.19	4.49	0.02	42.57
4.10	3.61	3.72	3.79	3.85	18.40	5.14	0.06	42.86
4.60	4.05	4.36	4.46	4.53	21.34	6.02	0.07	43.26
5.10	4.49	5.13	5.27	5.42	25.19	7.17	0.15	43.80
5.60	4.91	6.05	6.25	6.53	30.00	8.61	0.28	44.48



Pressions		Càrrega		Descàrrega		Recàrrega	
Pressió de fluència (Pf):	2,69 MPa	Tram elàstic:	0,91 - 2,04 MPa	Tram elàstic:	2,11 - 0,56 MPa	Tram elàstic:	0,77 - 2,69 MPa
Pressió Límit (Pl):	9,60 Mpa						
		Gp=	96,64 MPa	Gu=	233,26 MPa	Gr=	157,09 MPa
v poisson estimat =	0,3	Ep=	251,25 MPa	Eu=	606,47 MPa	Er=	408,44 MPa

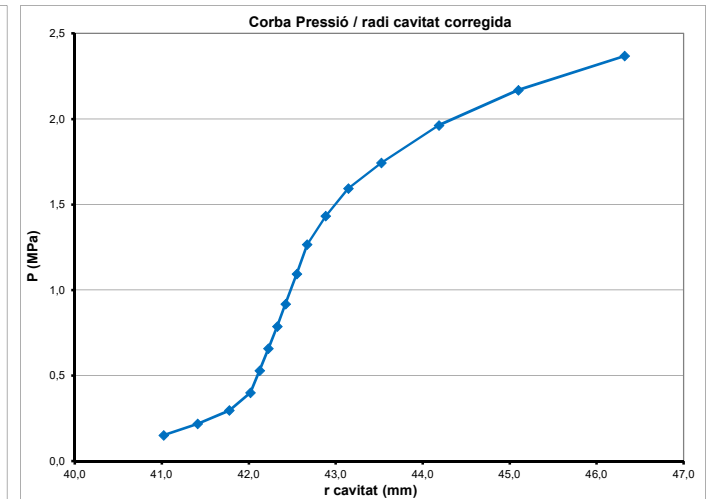
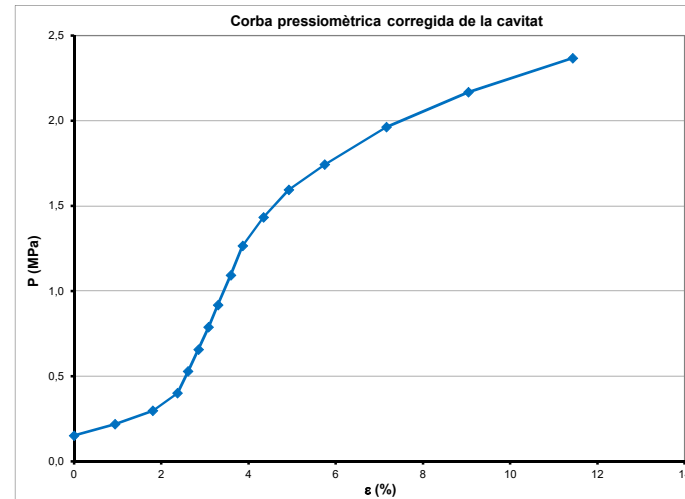
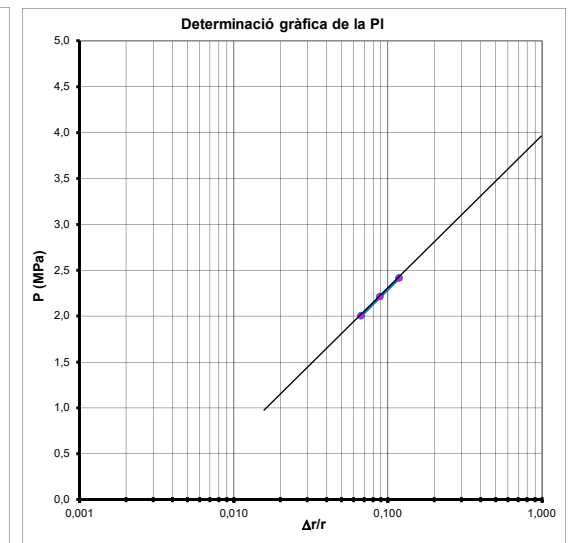
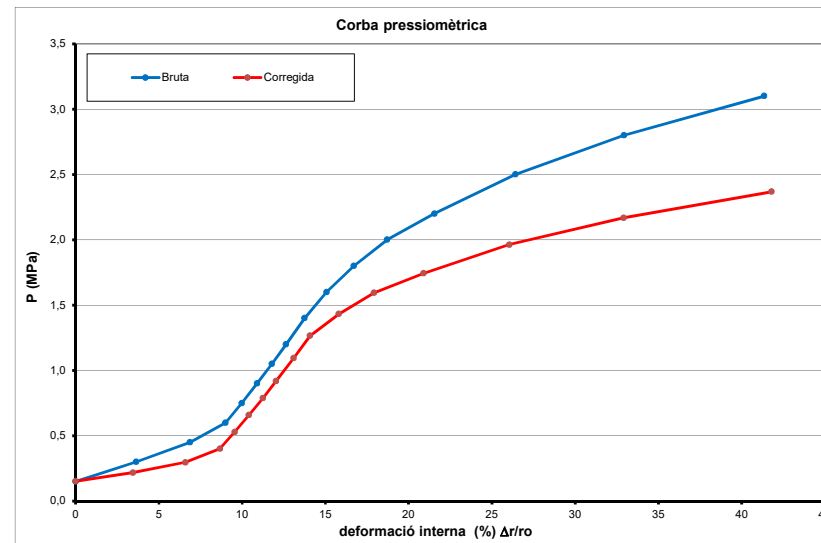
Elasmeter HQ, model 4180

Sondeig: S - 2
Tram assajat: 2.5-3.0 m
Material assajat: Lutites

Obra: Tarragona
Peticionari: Diputació -Tgna

Data Assaig: 28/03/2025
Data Calibratge: 27/03/2025

P_{bruta} (Mpa)	P_{cor} (Mpa)	R_{15} (mm)	R_{30} (mm)	R_{60} (mm)	$\Delta r/r0$ (bruta)	ε (%)	Creep	R_{cor} (mm)
0.15	0.15	-0.97	-0.96	-0.94	0.00	0.00	0.02	41.02
0.30	0.22	-0.17	-0.14	-0.12	3.63	0.94	0.02	41.41
0.45	0.30	0.55	0.58	0.61	6.87	1.80	0.03	41.78
0.60	0.40	1.06	1.07	1.09	9.00	2.37	0.02	42.02
0.75	0.53	1.29	1.30	1.31	9.97	2.61	0.01	42.12
0.90	0.66	1.50	1.51	1.52	10.90	2.85	0.01	42.23
1.05	0.79	1.69	1.70	1.72	11.79	3.08	0.02	42.33
1.20	0.92	1.88	1.89	1.91	12.63	3.30	0.02	42.42
1.40	1.09	2.14	2.15	2.16	13.74	3.59	0.01	42.55
1.60	1.27	2.42	2.43	2.46	15.07	3.86	0.03	42.67
1.80	1.43	2.76	2.79	2.83	16.71	4.34	0.04	42.88
2.00	1.59	3.17	3.23	3.28	18.71	4.92	0.05	43.15
2.20	1.74	3.73	3.82	3.92	21.54	5.75	0.10	43.52
2.50	1.96	4.73	4.88	5.02	26.42	7.16	0.14	44.19
2.80	2.17	6.08	6.28	6.49	32.93	9.04	0.21	45.10
3.10	2.37	7.67	8.05	8.39	41.36	11.44	0.34	46.32



Pressions		Càrrega		Descàrrega		Recàrrega	
Pressió de fluència (Pf):	1,27 MPa	Tram elàstic:	0,4 - 1,27 MPa	Tram elàstic:	- MPa	Tram elàstic:	- MPa
Pressió Límit (Pl):	3,95 Mpa						
		Gp=	28,23 MPa	Gu=	- MPa	Gr=	- MPa
v poisson estimat =	0,3	Ep=	73,39 MPa	Eu=	- MPa	Er=	- MPa

PENETRÒMETRE DINÀMIC DPSH SONDEIG P-1	MÀQUINA:	TECOINSA TP-30
	DATA DE REALITZACIÓ DE L'ASSAIG O SONDEIG:	28 de març de 2025
	COTA RELATIVA: +0,0	NIVELL FREÀTIC: NO

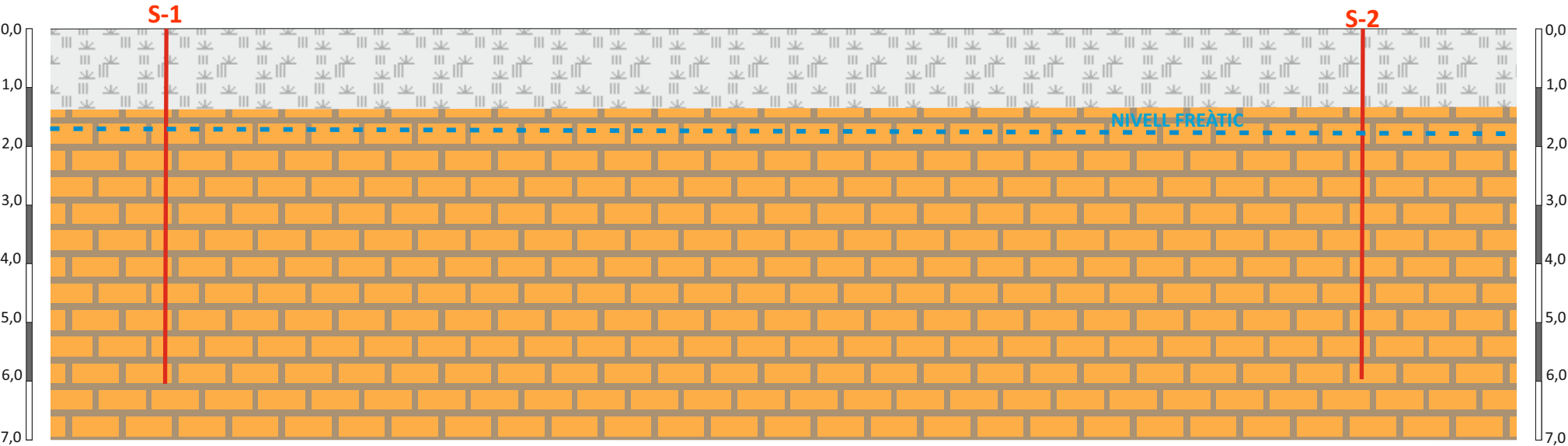
PENETRÒMETRE DINÀMIC		RESISTÈNCIA DINÀMICA		PROFUND.	NRE. DE COPS	RESIST. DINÀM.	COLPEIG SPT	N ₃₀	LITOLOGIES / OBSERVACIONS
Nre. de cops per 20 cm		kg/cm²							
				0,2					Nivell 0: Paviment i reblert heterogeni amb còdols i graves
				0,4					
				0,6					Nivell A: Substrat de lutites sorrenques marró vermelloses taronja amb nòduls i graves de calcària. Molt fortes a dures.
				0,8	25	235			
				1,0	48	235			Final del sondeig a 2,1 m
				1,2	36	411			
				1,4	97	308			
				1,6	78	830			
				1,8	85	668			
				2,0	94	728			
				2,2	99	737			
				2,4					
				2,6					
				2,8					
				3,0					
				3,2					
				3,4					
				3,6					
				3,8					
				4,0					
				4,2					
				4,4					
				4,6					
				4,8					
				5,0					
				5,2					
				5,4					
				5,6					
				5,8					
				6,0					
				6,2					
				6,4					
				6,6					
				6,8					
				7,0					
				7,2					
				7,4					
				7,6					
				7,8					
				8,0					
				8,2					
				8,4					
				8,6					
				8,8					
				9,0					
				9,2					
				9,4					
				9,6					
				9,8					
				10					



Emplaçament sondeig P-1

ANNEX C. TALLS ESTRATIGRÀFICS INTERPRETATIUS

TALL A-A'



Nivell 0: Paviment i reblert de còdols de riu, graves i runa



Nivell A: Substrat de lutites sorrenques de color marró, vermellós i ataronjat amb nòduls de carbonat, graves de calcàries i passades erràtiques de gresos que presenten guixos centimètrics a decimètrics. Molt fort a dur amb trams de roca tova a roca moderadament forta

* Aquests talls estratigràfics són el resultat d'una interpolació entre els punts de sondeig realitzats i, per tant, s'han d'interpretar amb les naturals reserves.

	Edifici Públic Plaça Imperial Tarraco TARRAGONA	E. Vertical aprox. (DIN A4)	1:100	C. TALLS ESTRATIGRÀFICS INTERPRETATIUS
	EXPEDIENT 24.864	E. Horitz. aprox. (DIN A4)	1:150	

ANNEX D. ACTES DELS ASSAIGS DE LABORATORI

		LABORATORI D'ASSAIGS	
Data de recepció:	28-03-25	Data de sortida:	23-04-25

D. ACTES DELS ASSAIGS DE LABORATORI

Expedient

Informe núm.: 24-864
Peticionari: Departament de Geotècnia

Mostres

Identificació i procedència de les mostres

Nre. de mostres:	3 mostres de sòl	0 mostra d'aigua
Assaigs realitzats:	2 Granulometria per tamissat	0 determinació de pH
	2 Humitat natural	0 contingut en clorurs
	2 Límits d'Atterberg	0 contingut en amoni
	0 Densitat d'un sòl	0 contingut en sulfats
	2 Contingut en sulfats agressius al formigó	0 contingut en magnesi
	0 Acidesa Bauman-Gully	0 diòxid de carboni lliure
	0 Compressió simple en sòls	0 residu sec a 180°C
	0 Compressió simple en roca	
	1 Expansivitat Lambe	
	0 Contingut en matèria orgànica	
	0 Contingut en guixos	
	0 Contingut en sals solubles	
	0 Contingut en carbonats	
	0 Próctor Modificat	
	0 Próctor Normal	
	0 CBR	
	0 Inflament lliure	
	0 Col·lapse	
	0 Pressió d'inflament	
	1 Tall directe	
	0 Edòmetre	

Informe

El present informe consta de 3 actes de resultats, numerades correlativament i segellades. Els resultats obtinguts en aquest informe només afecten els materials sotmesos a assaig.

L'informe no podrà ser reproduït totalment o parcial sense l'autorització per escrit del laboratori d'assaig.

	CAP DE LABORATORI
	 Joan Recasens Bertran

IDENTIFICACIÓ DE SÒLS

IDENTIFICACIÓ DE L'INFORME: 24-864 M1

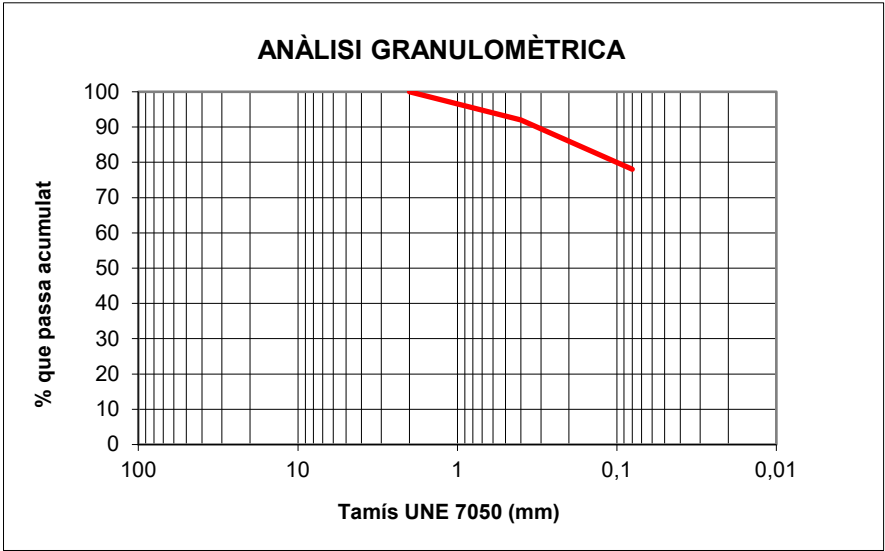
Peticionari:	Departament de Geotècnia		
Adreça de l'obra*:	Edifici Públic Plaça Imperial	TARRAGONA	
Procedència*:	Sondeig S-1	Fondària*:	Mostra SPT de 3,0 a 3,6 m
Data de recepció:	28/03/2025	Data d'assaig:	10/04/2025
		Data de finalització:	23/04/2025
Descripció mostra:	Lutita		

*Aquestes dades han estat facilitades i referenciades pel peticionari

Granulometria per tamisat

(UNE 103-101/95)

Tamís UNE 7050 (mm)	% que passa acumulat
100	
80	
63	
50	
40	
25	
20	
12,5	
10	
5	
2	100
0,4	92
0,08	78



Límits d'Atterberg		Compressió simple (UNE 22950: 1990)	
Límit líquid (UNE 103-103/94)	38,6	Resistència a la compressió (kPa)	
Límit plàstic (UNE 103-104/93)	24,0	Deformació (%)	
Índex de plasticitat	14,6	Densitat seca (g/cm³)	
Matèria orgànica (UNE 103-204/93)	%	Humitat (%)	
Humitat natural (UNE 103-300/93)	14,2 %	Tall directe (UNE 103-401/98)	
Contingut de sulfats agressius (UNE 83963/08)	236 mg/kg	Angle de fregament intern	
Acidesa Bauman-Gully (UNE 83962/08)	ml/kg	Cohesió (kPa)	
Contingut de carbonats (UNE 103-200/93)	%	Inflament Lambe (UNE 103-600/96)	
Densitat del sòl (UNE 103-301/94)	g/cm³	Índex d'expansivitat (MPa)	0,056
Densitat de les partícules (UNE 10-302/94)	g/cm³	Canvi potencial de volum	no crític
Equivalent de sorra (UNE 103-109/95)		Observacions:	

Cambrils, 23 d'abril de 2025

Cap de Laboratori

Joan Recasens
Geòleg col·l. 1366

(Aquest informe només dona fe de les mostres que han estat assajades.)

IDENTIFICACIÓ DE SÒLS

IDENTIFICACIÓ DE L'INFORME: 24-864 M2

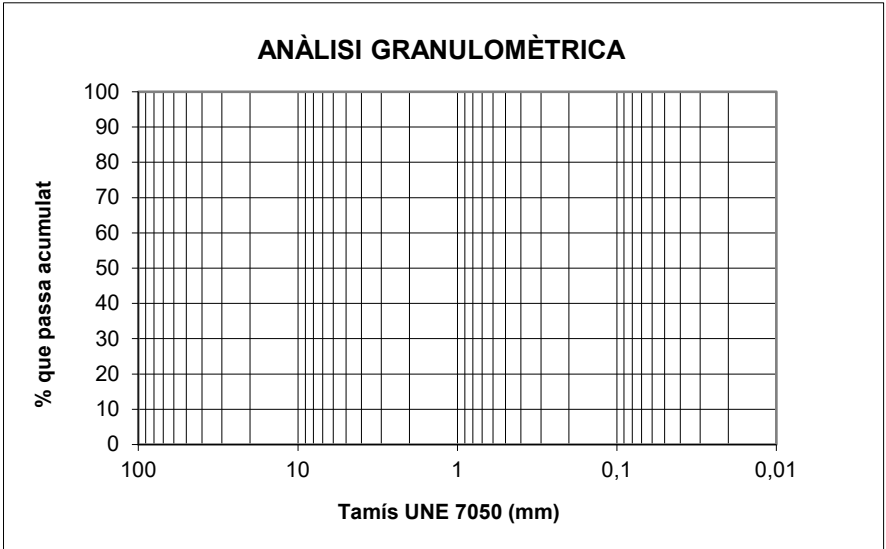
Peticionari:	Departament de Geotècnia		
Adreça de l'obra*:	Edifici Públic Plaça Imperial	TARRAGONA	
Procedència*:	Sondeig S-1	Fondària*:	Mostra Representativa a 4,0 m
Data de recepció:	28/03/2025	Data d'assaig:	10/04/2025
		Data de finalització:	23/04/2025
Descripció mostra:	Luitita		

*Aquestes dades han estat facilitades i referenciades pel peticionari

Granulometria per tamisat

(UNE 103-101/95)

Tamís UNE 7050 (mm)	% que passa acumulat
100	
80	
63	
50	
40	
25	
20	
12,5	
10	
5	
2	
0,4	
0,08	



Límits d'Atterberg		Compressió simple (UNE 103-400/93)	
Límit líquid (UNE 103-103/94)		Resistència a la compressió (kPa)	
Límit plàstic (UNE 103-104/93)		Deformació (%)	
Índex de plasticitat		Densitat seca (g/cm³)	
Matèria orgànica (UNE 103-204/93)	%	Humitat (%)	
Humitat natural (UNE 103-300/93)	%	Tall directe (UNE 103-401/98)	
Contingut de sulfats agressius (UNE 83963/08)	mg/kg	Angle de fregament intern	25
Acidesa Bauman-Gully (UNE 83962/08)	ml/kg	Cohesió (kPa)	40
Contingut de carbonats (UNE 103-200/93)	%	Inflament Lambe (UNE 103-600/96)	
Densitat del sòl (UNE 103-301/94)	g/cm³	Índex d'expansivitat (MPa)	
Densitat de les partícules (UNE 10-302/94)	g/cm³	Canvi potencial de volum	
Equivalent de sorra (UNE 103-109/95)		Observacions:	

Cambrils, 23 d'abril de 2025

Cap de Laboratori

Joan Recasens
Geòleg col·l. 1366

(Aquest informe només dona fe de les mostres que han estat assajades.)

IDENTIFICACIÓ DE SOLS

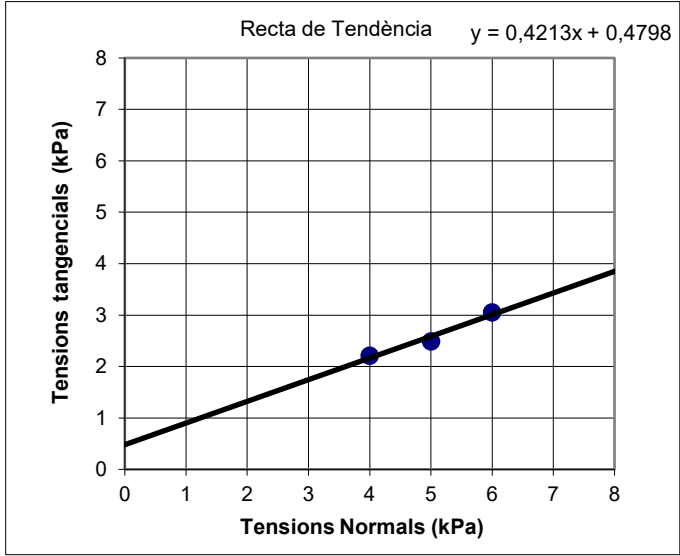
IDENTIFICACIÓ DE L'INFORME: 24-864 M2

Peticionari: Departament d'Estudis Geotècnics		
Adreça Obra*: Edifici Públic Plaça Imperial Tarraco		TARRAGONA
Procedència*: Sondeig a Rotació S-1	Fondària*: Mostra representativa a 4,0 m	
Data de recepció 28/03/2025	Data assaig: 10/04/2025	Data final: 23/04/2025
Descripció mostra: Argila de color vermellós amb nòduls		

*Aquestes dades han estat facilitades i referenciades pel peticionari

Mostra assajada			
Inalterada:	Si	Consolidada:	Si
Drenada:	Si	Inundada:	Si

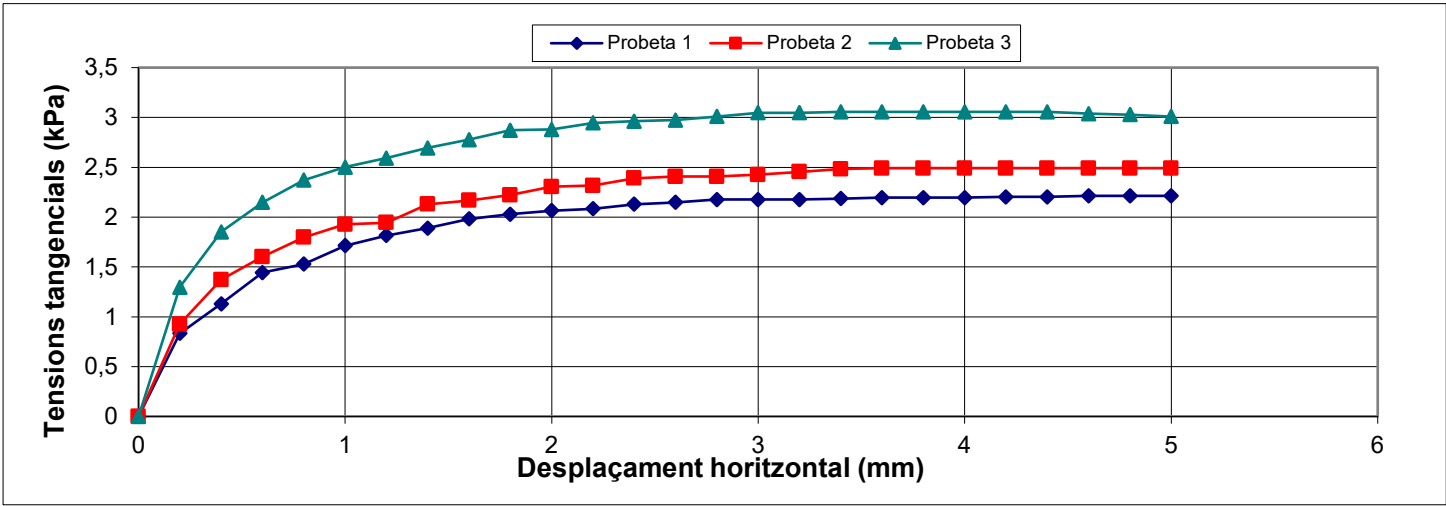
Dimensions de la probeta	
Diàmetre (mm):	50
Alçada (mm):	23



Dades de la mostra durant l'assaig				
Probeta N°	1	2	3	
Tensió normal	1	2	3	kgf
Humitat inicial	16,80	17,90	17,30	%
Humitat final	17,60	17,90	17,90	%
Densitat apar.	2,14	2,14	2,13	g/cm³
Densitat seca	1,83	1,81	1,81	g/cm³
Index Porus in	0,474	0,489	0,489	
Index Porus fin	0,482	0,481	0,482	
Grau satur in	95,40	98,70	95,60	%

Angle de fregament intern:	25	graus
----------------------------	----	-------

Cohesió:	40,00	kPa
----------	-------	-----



0

Cap de Laboratori

Joan Recasens
Geòleg col·l. 1366

(Aquest informe només dóna fe de les mostres que han estat assajades.)

IDENTIFICACIÓ DE SÒLS

IDENTIFICACIÓ DE L'INFORME: 24-864 M3

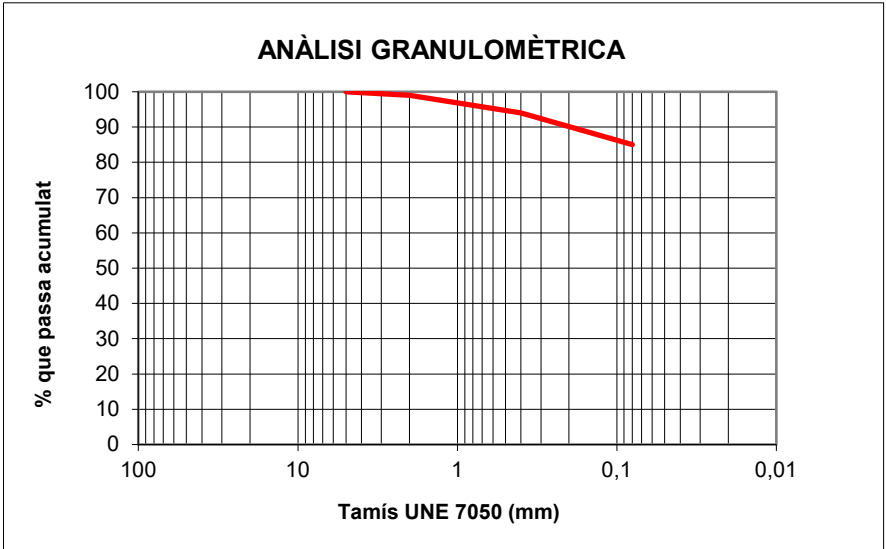
Peticionari:	Departament de Geotècnia		
Adreça de l'obra*:	Edifici Públic Plaça Imperial	TARRAGONA	
Procedència*:	Sondeig S-2	Fondària*:	Mostra SPT de 3,0 a 3,6 m
Data de recepció:	28/03/2025	Data d'assaig:	10/04/2025
		Data de finalització:	23/04/2025
Descripció mostra:	Luitita		

*Aquestes dades han estat facilitades i referenciades pel peticionari

Granulometria per tamisat

(UNE 103-101/95)

Tamís UNE 7050 (mm)	% que passa acumulat
100	
80	
63	
50	
40	
25	
20	
12,5	
10	
5	100
2	99
0,4	94
0,08	85



Límits d'Atterberg		Compressió simple (UNE 103-400/93)	
Límit líquid (UNE 103-103/94)	35,2	Resistència a la compressió (kPa)	
Límit plàstic (UNE 103-104/93)	25,8	Deformació (%)	
Índex de plasticitat	9,4	Densitat seca (g/cm³)	
Matèria orgànica (UNE 103-204/93)	%	Humitat (%)	
Humitat natural (UNE 103-300/93)	15,2 %	Tall directe (UNE 103-401/98)	
Contingut de sulfats agressius (UNE 83963/08)	189 mg/kg	Angle de fregament intern	
Acidesa Bauman-Gully (UNE 83962/08)	ml/kg	Cohesió (kPa)	
Contingut de carbonats (UNE 103-200/93)	%	Inflament Lambe (UNE 103-600/96)	
Densitat del sòl (UNE 103-301/94)	g/cm³	Índex d'expansivitat (MPa)	
Densitat de les partícules (UNE 10-302/94)	g/cm³	Canvi potencial de volum	
Equivalent de sorra (UNE 103-109/95)		Observacions:	

Cambrils, 23 d'abril de 2025

Cap de Laboratori

Joan Recasens
Geòleg col·l. 1366

(Aquest informe només dona fe de les mostres que han estat assajades.)

ANNEX E. FORMULACIÓ

E. FORMULACIÓ

E1. Capacitat portant admissible per a sòls cohesius

La capacitat portant admissible (q_{adm}) és aquella que compleix el criteri de seguretat enfront de la ruptura i que no genera assentaments inadmissibles.

Així en el cas de materials cohesius, cal estudiar la condició a curt termini on l'angle de fregament intern tendeix a 0 ($\varphi=0$).

En conseqüència la forma general expressada en el CTE :

$$q_h = c_u N_c d_c s_{ci} t_c + q_0 N_q d_q s_{qi} t_q + \frac{1}{2} B \gamma N_\gamma d_\gamma s_{\gamma i} t_\gamma$$

queda reduïda a la següent expressió:

$$q_{adm} = \frac{c_u N_c d_c s_{ci} t_c}{F} + q_0 N_q d_q s_{qi} t_q$$

on:

c_u és la cohesió del terreny (kN/m^2)

q_0 és la pressió vertical efectiva a la cota de fonamentació (kN/m^2)

B és l'amplada del fonament (m)

γ és el pes específic del terreny on es recalza la fonamentació (kN/m^3)

N_c , equival a 5,14 en el cas de les sabates continues i a 6,2 en el cas de les sabates quadrades

N_q equival a 1

d_c , d_q , d_γ són coeficients correctors de profunditat (adimensionals)

s_c , s_q , s_γ són coeficients correctors depenent de la forma del fonament (adimensionals)

i_c , i_q , i_γ són coeficients correctors en funció de la resultant d'accions respecte de la vertical (adimensionals)

t_c , t_q , t_γ són coeficients correctors, aplicables quan la fonamentació és a prop d'un talús (adimensionals)

F és el factor de seguretat, que en aquest cas equival a $F=3$

E. FORMULACIÓ

E2. Fonamentació superficial en nivells detrítics

Segons el CTE, en materials granulars la capacitat portant admissible es troba més limitada per l'assentament que no pas pel enfondrament.

En conseqüència podem utilitzar les següents expressions extretes del CTE:

Si $B < 1,2$ m

$$q_{as} = 12N \left(1 + \frac{D}{3B} \right) \left(\frac{S}{25} \right)$$

Si $B \geq 1,2$ m

$$q_{as} = 8N \left(1 + \frac{D}{3B} \right) \left(\frac{S}{25} \right) \left(\frac{B + 0,3}{B} \right)^2$$

On:

N és un valor mitjà de l'assaig SPT en la zona d'influència (adimensional)

D és la profunditat d'encastament de la sabata (m)

B és l'amplada del fonament (m)

S és l'assentament màxim admissible (mm)

E3. Assentaments

Pel què respecta al càlcul dels assentaments, s'ha partit de la fórmula de Menard, que integra en el càlcul la part elàstica i la part plàstica.

$$W = \left[\frac{2qB_0}{9E_d} \right] \cdot \left[\frac{f_d B}{B_0} \right]^\alpha + \left[\frac{f_c q B \alpha}{9E_c} \right]$$

on:

W és l'assentament previsible

q és la pressió mitjana efectiva que aplica el fonament

B₀ és la longitud de referència igual a 60 cm

B és el diàmetre del fonament

E és el mòdul de deformació del terreny. Aquí $E = N_{spt}/k$

f_d i **f_c** són els coeficients de forma que depenen de la relació L/B del fonament

α és el coeficient que depèn del tipus de terreny i de la relació E/Pl

ANNEX F. TAULES DE REFERÈNCIA

Taules de referència

Taula 1. Simbologia del sondeig

SÍMBOL	DESCRIPCIÓ	SÍMBOL	DESCRIPCIÓ
m.l.o (X)	Assaig SPT	G	Granulometria
m.l.f		S	Contingut en sulfats
m.l.o		Ex	Expansivitat Lambe
P	Mostra plastificada	Ed	Edòmetre
m.l.f		Co	Col·lapse
m.l.o		In	Inflament
I	Mostra inalterada	Mo	Matèria orgànica
m.l.f		ss	Contingut en sals solubles
m.l.o		Gx	Contingut en guixos
AP	Assaig pressiomètric	C	Carbonats en sòls
m.l.f		P _i	Pressió d'inflament
		BG	Baumann-Gully

Taula 2. Compacitat de les sorres

CLASSIFICACIÓ	ÍNDEX N_{SPT}
Molt fluixa	<4
Fluixa	4-10
Mitjanament densa	11-30
Densa	31-50
Molt densa	>50

Taula 3. Consistència de les argiles

CLASSIFICACIÓ	RESISTÈNCIA A LA COMPRESSIÓ SIMPLE q_u (kPa)
Molt tova	0-25
Tova	25-50
Moderadament ferma	50-100
Ferma	100-200
Molt ferma	200-400
Dura	>400

Taula 4. Denominació matisada de sòls granulars⁽¹⁾ . Percentatge de fins <35%

DENOMINACIÓ	% D'ARGILA I LLIM
Nom principal Grava o sorra	-
Nom secundari Sorrenca o amb grava	-
Amb indicis de Llims o argiles	1-10
Alguna cosa Llimosa o argilosa	10-20
Bastant Llimosa o argilosa	25-35

(1) Els termes argila i argilosa de la taula s'han d'utilitzar quan es tracti de fins plàstics i els termes llim i llimosa, quan els fins no siguin plàstics o poc plàstics segons el criteri de Casagrande

Taula 5. Denominació matisada de sòls fins. Percentatge de fins >35%

<i>DENOMINACIÓ</i>		<i>% DE SORRA I GRAVA</i>
Nom principal	Argila o llim	<35
Nom secundari	Sorrenc/enca o amb grava	35-65

Taula 6. Sistema unificat de sòls – USCS

GRUPS PRINCIPALS			SÍMBOLS	DESCRIPCIÓ DEL SÒL
SÒLS DE GRA GROLLER Més del 50% del material queda retingut sobre el tamís núm. 200	GRAVES I SÒLS DE GRAVES Més del 50% de la fracció grollera passa pel tamís núm. 4	GRAVES NETES	GW	Graves ben graduades barreja de graves i sorres. Amb pocs fins o sense ells.
			GP	Graves mal graduades. Barreja de graves i sorres. Amb pocs fins o sense ells.
		GRAVES AMB FINS Més del 12% de fins	GM	Graves llimoses. Barreja de grava-sorra-llim.
			GC	Graves argiloses. Barreja de grava-sorra-argila.
	SORRES I SÒLS SORRENCES Més del 50% de la fracció grollera passa pel tamís núm. 4	SORRES NETES	SW	Sorres ben graduades. Sorres amb graves. Amb pocs fins o sense ells.
			SP	Sorres mal graduades. Sorres amb grava. Amb pocs fins o sense ells.
		SORRES AMB FINS Més del 12% de fins	SM	Sorres llimoses. Barreja sorra-llim.
			SC	Sorres argiloses. Barreja sorra-argila.
SÒLS DE GRA FI Més del 50% del material passa pel tamís núm. 200	LLIMS I ARGILES Límit líquid menor de 50		ML	Llims inorgànics i sorres molt fines. Pols de roca. Sorres fines llimoses o argiloses.
			CL	Argiles inorgàniques de plasticitat baixa a mitja. Argiles amb graves. Argiles sorrenques. Argiles llimoses. Argiles margoses.
			OL	Llims orgànics i argiles llimoses orgàniques poc plàstiques.
	LLIMS I ARGILES Límit líquid major de 50		MH	Llims inorgànics. Sorra fina micàcia o de diatomees. Llims plàstics.
			CH	Argiles inorgàniques molt plàstiques.
			OH	Argiles i llims orgànics de plasticitat mitjana a alta.
			SÒLS ORGÀNICS. Molt compressibles i de fàcil identificació, generalment de color gris.	

Taula 7. Estabilitat del terreny

GRAU	CARACTERÍSTIQUES
molt bona	Les parets de fins a 3,0 m es mantindran verticals durant períodes de temps raonables, habituals en la construcció.
bona	Les parets de fins a 3,0 m es mantindran verticals durant períodes de temps raonables, habituals en la construcció, si bé es poden detectar petits punts inestables que no suposarien problemes importants, però que cal tenir en compte durant els treballs d'excavació.
mitjana	Les parets de fins a 3,0 m es mantindran verticals durant períodes de temps habituals en la construcció, tot i que cal preveure que les heterogeneïtats degudes a les variacions litològiques poden significar inestabilitats puntuals, que caldrà tenir en compte sobretot per a la seguretat del personal que treballi a prop de les parets.
baixa	Les parets no s'aguanten en la vertical i, per tant, es preveuen caigudes constants de fragments i falques de terreny, fet que dificultarà treballar a prop de les excavacions.
molt baixa	Les parets no s'aguanten en la vertical i s'esfondren immediatament després de cada passada de la maquinària. No s'hi pot treballar sense sistemes de contenció en les parets.

Taula 8. Ripabilitat del terreny

GRAU	CARACTERÍSTIQUES
molt difícil	L'excavació del terreny presentarà certes dificultats de forma generalitzada, per la qual cosa caldrà preveure maquinària de potència elevada auxiliada per un martell hidràulic o picador.
difícil	L'excavació del terreny es podria realitzar amb maquinària convencional de potència mitjana, si bé cal preveure la intercalació de trams més durs, on sigui necessari emprar maquinària de potència alta, auxiliada per un martell hidràulic o picador.
normal	L'excavació del terreny es pot realitzar amb maquinària convencional de potència mitjana de forma general, sense descartar que en alguns trams més o menys endurits disminueixi, de forma puntual, el rendiment de la maquinària.
fàcil	L'excavació del terreny es pot realitzar amb maquinària convencional de potència mitjana sense cap dificultat.
molt fàcil	L'excavació del terreny es pot realitzar amb maquinària convencional de potència mitjana sense cap dificultat, fins i tot es pot preveure excavar-lo manualment.

Taula 9. Classificació de la roca mare

<i>ASSAIG APROXIMAT</i>	<i>RESISTÈNCIA A LA COMPRESSIÓ SIMPLE</i>	<i>VALOR ESTIMAT q_u (MPa)</i>
Es pot ratllar amb l'ungla	Especialment dèbil	<1
Es trenca a cops de martell moderats Es pot ratllar fàcilment amb navalla	Molt baixa	1 a 5
Es ratlla difícilment amb navalla	Baixa	5 a 25
No és pot ratllar amb navalla Es pot trencar amb un cop de martell	Mitjana	25 a 50
Calen diversos cops de martell per trencar-la	Alta	50 a 100
Difícil de trencar amb el martell (> 3 cops)	Molt alta	100 a 250
Amb el martell sols es poden produir fragments	Extremadament alta	>250

Taula 10. Obertura de les discontinuïtats

<i>General</i>	<i>Detall</i>	<i>Obertura</i>
Juntes tancades	Molt tancades Tancades Parcialment obertes	<0,1 mm 0,1 a 0,25 mm 0,25 a 0,50 mm
Massís rocós esquerdat	Obertes Bastant obertes Obertura ampla	0,50 a 2,5 mm 2,5 a 10 mm >1 cm
Juntes obertes	Obertura molt ampla Obertura especialment ampla Estructura buida	1 a 10 cm 10 a 100 cm >1 m

Taula 11. Rugositat de les discontinuïtats

<i>Descripció</i>	<i>Detall</i>
A gran escala , longituds d'ordre mètric, es classificarà com:	Esglaonada Ondulada Plana
A menor escala , longituds d'ordre centimètric, es classificarà com:	Rugosa Suau Especular

Taula 12. Reompliment de les discontinuïtats

Classe 1: Reompliment sec i de baixa permeabilitat
Classe 2: Reompliment humit sense presència d'aigua lliure
Classe 3: Reompliment molt humit amb aportacions d'aigua lliure
Classe 4: Reompliment rentat amb flux d'aigua continuu
Classe 5: Reompliment descalçat amb importants vies d'aigua

Taula 13. Espaiat de les discontinuïtats

CLASSIFICACIÓ	ESPAIAT (cm)
Especialment petit	<2 (0,02 m)
Molt petit	2 a 6
Petit	6 a 20
Moderat	20 a 60
Ampli	60 a 200
Molt ampli	200 a 600
Especialment ampli	>600 (6 m)

Taula 14. Índex de fracturació I_f

CLASSIFICACIÓ	N. DIÀCLASIS PER m^3
Massiu	<1
Poc diaclasat	1 a 3
Mitjanament diaclasat	3 a 10
Bastant diaclasat	10 a 30
Molt diaclasat	30 a 60
Triturat	>60

Taula 15. Persistència de les discontinuïtats

CLASSIFICACIÓ	PERSISTÈNCIA (m)
Molt petita	<1
Escassa	1 a 3
Mitjana	3 a 10
Alta	10 a 20
Molt alta	>20

Taula 16. Classificació per el R.Q.D (rock quality design)

CLASSIFICACIÓ	VALOR DEL R.Q.D. (%)
Molt pobre	<25
Pobre	25 a 50
Acceptable	50 a 75
Bona	75 a 90
Molt bona	90 a 100

Taula 17. Presència d'aigua en les discontinuïtats

Classe 1: No hi ha possibilitats de fluxos d'aigua
Classe 2: No hi ha signes d'aigua
Classe 3: Signes d'haver-hi fluxos d'aigua (taques d'òxid)
Classe 4: Humectacions
Classe 5: Filtracions
Classe 6: Flux d'aigua continuu

Taula 18. Grau de meteorització de la roca

GRAU DE METEORITZACIÓ	DENOMINACIÓ	RECONeixEMENT IN SITU
I	Sana	Roca no meteoritzada. Conserva el color llustrós en tota la massa.
II	Sana amb juntes tenyides d'òxid	Les cares de les juntes estan tacades d'òxid però el bloc unitari entre juntes manté el color llustrós de la roca sana.
III	Moderadament meteoritzada	Clarament meteoritzada a través de la petrofàbrica, es reconeix el canvi de color respecte de la roca sana. El canvi de color pot ser des de senzilles taques fins a diversos colors típics d'òxids de ferro. La resistència de la roca pot variar des de molt anàloga a la roca de grau II fins a bastant més baixa, però de manera que trossos de 25 cm ² de secció no puguin trencar-se a mà.
IV	Molt meteoritzada	Roca intensament meteoritzada que pot esmicolar-se a mà i trencar-se.
V	Completament meteoritzada	Material amb aspecte de sòl completament descompost per meteorització <i>in situ</i> , però en el qual es pot reconèixer l'estructura de la roca original.