

Els estudis geotècnics per a l'edificació. Aspectes relatius a la informació prèvia i mètodes de reconeixement del terreny

20

Ignasi Capellà
Rogelio Linares
Lluís Pallí
Carles Roqué

1. Introducció

En l'àmbit de l'edificació, el reconeixement del terreny té com a objectiu obtenir la informació necessària per poder projectar una fonamentació de la manera més econòmica i segura. Les característiques que més condicionen la despesa econòmica i/o la seguretat de l'obra són la capacitat portant per a un assentament tolerable, en el cas de les formacions superficials (d'ara endavant sòls, en sentit ampli), i la dificultat d'excavació, en el cas de les roques. Ambdues representen les aportacions principals que proporciona un estudi geotècnic, en el qual la informació geotècnica es complementa amb la de caire geològic i hidrogeològic per preveure el comportament del terreny davant un esforç sol·licitat per una construcció.

Els estudis geotècnics es divideixen en dues grans categories: els d'avaluació i els de construcció (Rodríguez Ortiz *et al.*, 1995). Els primers serveixen per tenir un coneixement general d'àrees extenses, per detectar llocs problemàtics pel que fa a la fonamentació i per planificar i ordenar el territori d'acord amb les seves prestacions geotècniques. Els segons, sobre els quals se centra específicament aquest treball, estan lligats a un projecte constructiu i tenen com a finalitat esbrinar el tipus i les propietats geotècniques del terreny per poder definir les opcions de fonamentació. En aquests hi ha dues fases de treball diferenciades: la de recopilació d'antecedents i informació prèvia i la de reconeixement en el

Les característiques que més condicionen les despeses i la seguretat de les obres són la capacitat portant dels sòls i la dificultat d'excavació de les roques

mateix terreny. En què consisteixen i com es porten a terme cada una d'aquestes fases?

2. Recopilació d'antecedents i informació prèvia

És essencial per fer un plantejament i un desenvolupament correctes de l'estudi geotècnic. En concret, és imprescindible per poder planificar de manera eficaç el reconeixement que posteriorment es farà en el mateix terreny. Per tal que aquesta fase resulti d'interès, ha d'aportar dades de tot allò que pugui influir en el tipus de prospecció del terreny i en les opcions de fonamentació que finalment es proposin. Així doncs, caldrà tenir en compte el tipus d'informació següent:

2.1. Dades del terreny

Fan referència a la morfodinàmica, a la litoestructura i a la hidrogeologia de la zona i, a més, en el cas que estiguin disponibles, a les dades geotècniques de tipus general. Tota aquesta informació es pot aconseguir a partir de diversos documents cartogràfics publicats per diferents organismes públics. Pel que fa als mapes, els més consultats són els següents:

- Mapes topogràfics. Es disposa de sèries a escala 1:5.000 de tot el terreny català i a 1:1.000 de la majoria de zones urbanes. Permeten una primera aproximació als aspectes morfodinàmics de la zona.
- Mapes geològics. Cobreixen quasi tot Catalunya a escala 1:50.000 i, en alguns sectors, a 1:25.000. N'hi ha també de més detallats, a escala 1:10.000 i 1:5.000, com els que elabora l'Àrea de Geodinàmica de la Universitat de Girona. De la seva consulta es pot obtenir un coneixement preliminar en aspectes tan importants per a la geotècnia com: el tipus de material que hi ha en el terreny, per saber si es tracta d'un sòl i de quin tipus (granular, cohesiu o de transició) o bé d'un substrat rocallós; si el terreny és o no homogeni; els gruixos de les unitats litològiques i la presència de fractures. Amb aquestes dades es podrà decidir la manera més apropiada de fer el reconeixement *in situ* del terreny.
- Mapes hidrogeològics. Només n'hi ha a escala 1:250.000 i 1:100.000. De la seva consulta es poden extreure dades relatives a les característiques bàsiques de les unitats hidrogeològiques: quimisme de les aigües subterrànies i dinàmica piezomètrica, principalment. En els estudis de construcció, la informació localitzada se sol aconseguir directament dels pous de la zona.
- Mapes geotècnics. Es presenten a escala 1:200.000, per a tot el territori, i a 1:25.000, per a algunes zones urbanes. La seva consulta permet saber si les condicions constructives són acceptables o desfavorables i, en el darrer cas, els factors que han motivat aquesta qualificació.

2.2. Informació de l'obra i de les infraestructures de la zona

Respecte de l'obra que es projecta, cal disposar de les dades següents: localització de les construccions en un plànol topogrà-

En l'edificació, els estudis geotècnics tenen com a finalitat esbrinar el tipus i les propietats geotècniques del terreny, per poder establir les bases de fonamentació

fic; ús de les construccions; tipus d'estructura; disposició estructural en planta; nombre de plantes per sobre i per sota de la rasant del terreny; ordre de magnitud orientatiu de les càrregues que es preveuen; toleràncies de l'estructura a moviments totals o diferencials; possibles vibracions derivades dels de la utilització de l'estructura i, finalment, moviments de terra (rebaixos o rebliments) previstos en la zona de construcció.

Aquestes dades, juntament amb les de tipus geològic abans esmentades, són les que més condicionen la manera de fer el reconeixement del terreny: si s'excavaran cates o es realitzaran sondatges; en quin nombre i a quina fondària, si es portarà a terme una campanya de prospecció geofísica i, finalment, si es practicaran assaigs geotècnics *in situ* i de quin tipus.

2.3 Antecedents

Recullen la informació derivada de l'experiència local de la zona on es projecta construir i del seu entorn. Els antecedents de fonamentació de les construccions veïnes, sobretot si hi ha hagut problemes, són els més interessats. Altres dades també importants, tot i que no són les úniques, són les següents: possibles variacions sobtades del nivell freàtic, que, en funció del tipus de sòl, poden traduir-se en inflaments o retraccions; possible agressivitat de l'aigua al formigó dels fonaments; existència de zones d'erosió intensa, que poden motivar la realització d'obres de protecció per evitar el descalçament dels fonaments; indicis d'antics rebliments, per tal d'evitar que la fonamentació s'hi encasti; i presència de conduccions de gas, llum i aigua que creuen la zona.

A més de la informació recopilada, tant si s'ha aconseguit a través de mapes com d'informes particulars, és recomanable fer una visita a la zona on es projecta construir per tal de corroborar els antecedents i, a més, fer una exploració en aspectes com el relleu, l'estabilitat de talussos, l'estratigrafia, la hidrologia superficial i l'accessibilitat a la zona.

3. Reconeixement del terreny. Mètodes

Tota la informació recollida permet concretar com s'ha de realitzar el reconeixement del terreny. Amb aquest mètode es pretén, d'una banda, identificar les unitats litològiques que poden acollir la fonamentació o restar dins la zona d'influència i, de l'altra, fer-ne una caracterització geotècnica. Per assolir el primer objectiu hi ha els mètodes de reconeixement directes i indirectes que més endavant es detallen. Respecte del segon dels pròpositos, es requereix la pràctica d'assaigs geotècnics tant *in situ* com al laboratori. Aquests últims no seran tractats en aquest article.

3.1. Mètodes de reconeixement directe o mecànics

Es basen en l'extracció d'una mostra del terreny mitjançant diferents tècniques. Hi ha dues modalitats: les cates i els sondatges.

Les dades del terreny, la informació de l'obra i de les infraestructures de la zona i els antecedents de l'àrea on es projecta construir són essencials per a un plantejament i desenvolupament correctes de l'estudi geotècnic

Amb el reconeixement del terreny es pretén identificar les unitats litològiques que poden acollir la fonamentació i fer-ne una caracterització geotècnica

Perforació del terreny
mitjançant un
sondatge mecànic.
(Foto: Arxiu UG)



3.1.1 Cates

Es tracta d'excavacions de formes diverses que permeten obtenir una observació visual directa del terreny, prendre'n mostres i realitzar alguns assaigs geotècnics *in situ*. Tanmateix, no se n'arriba a obtenir una caracterització geotècnica rigorosa.

Perquè es puguin realitzar cal que els terrenys siguin excavables amb una pala retroexcavadora o retrogiratòria; que la fondària que es vol assolir no sigui superior als 5 m, i que el possible nivell de fonamentació es trobi a una fondària inferior o igual a l'esmentada.

3.1.2. Sondatges

Consisteixen en perforacions de petit diàmetre que permeten reconèixer la naturalesa i la localització de les diferents capes del subsòl, obtenir-ne mostres, determinar la fondària a la qual es troba el nivell freàtic i realitzar, en alguns casos, assaigs geotècnics *in situ*. Són la modalitat habitual de reconeixement en fondària i poden ser manuals o mecànics.

3.1.2.2. Sondatges mecànics

Permeten travessar qualsevol terreny cohesiu, granular o rocallós. Aquest tipus de sondatge és imprescindible quan es vol assolir fondàries superiors a les aconseguides amb els mètodes ja esmentats; reconèixer el terreny per sota del nivell freàtic; travessar terreny rocallós dur; extreure mostres inalterades profundes; realitzar assaigs geotècnics *in situ* de tipus mecànic, ja siguin de penetració o de càrrega; mostrejar aqüífers profunds o realitzar assaigs de permeabilitat *in situ*.

Segons la classe de terreny i la finalitat del treball, s'haurà d'escollir el tipus de sondatge més adequat dels molts que estan disponibles. Entre aquests cal destacar:

– Sondatges de percussió

La perforació avança mitjançant l'encastament d'un tub que hi ha a l'extrem inferior d'una barra que és empenya per la caiguda

repetida d'una massa damunt seu. Aquest tub és, de fet, un mostrejador que, en el seu interior, recull un testimoni del terreny. Són eficaços en terrenys no excessivament durs i estan especialment indicats per a sòls granulars grollers, sempre que es pugui adaptar el diàmetre del sondatge a la mida de gra. Malgrat que la seva velocitat de perforació és relativament lenta, tenen la contrapartida d'una millor qualitat en els testimonis respecte de la que s'obté per altres mètodes.

– Sondatges amb barrina helicoid

La perforació s'aconsegueix en fer girar i pressionar alhora una barrina. L'avenç de la barrina en el terreny provoca la sortida del material en superfície. La mostra aconseguida està totalment alterada i, en conseqüència, només es pot utilitzar per reconèixer i identificar el sòl.

Aquests sondatges, que no solen superar els 25 m de fondària, són relativament barats i ràpids. Tanmateix, aquests avantatges queden contrarestats per les nombroses limitacions en la seva utilització. Així, el terreny ha de ser relativament tou o solt; no hi pot haver capes cimentades ni graves i no s'ha de travessar roca. Cal fer notar també que la precisió en la localització de la fondària de les capes és de $\pm 0,50$ m (Rodríguez Ortiz *et al.*, 1995).

En definitiva, són sondatges poc precisos que sovint han de complementar-se amb altres mètodes. Només es poden justificar en casos concrets: per determinar la fondària d'un substrat rocallós o d'una capa de graves, que ja es coneixen prèviament, o per acotar el nivell freàtic.

– Sondatges de rotació amb bateria

És un mètode similar a l'anterior en què es perfora fent girar i pressionar alhora una bateria, que no és més que un tub mostrejador que té endurit l'extrem inferior o capçal perforador, anomenat corona. En accionar el dispositiu, el terreny és tallat en forma de cercle per la corona i s'introdueix progressivament dins la bateria. A cada certa fondària s'extreu la bateria i es retira el testimoni que hi ha al seu interior. Tot seguit s'incorpora de nou en el sondatge i, a mesura que es guanya fondària, s'afegeixen, des de la superfície, barnilles de perforació. En sòls granulars solts, la perforació es revesteix amb una camisa metàl·lica per tal que la paret del sondatge no es col·lapsi. En el cas de les roques, on aquesta problemàtica no existeix, la corona exerceix un fregament molt intens i ha de ser refrigerada. Això s'aconsegueix amb un sistema del mateix equip que permet injectar aigua o llot a la corona de manera contínua i a pressió.

Aquest mètode és un dels més utilitzats pels avantatges que comporta, atès que és precís, no té limitació pel que fa a la fondària que es vol assolir, i perquè la mostra o testimoni que se n'obté, tot i que és alterada en el cas dels sòls, és representativa del terreny. Aquest darrer fet permet disposar, un cop acabat el sondatge, d'una columna sencera del terreny travessat, que s'anomena testimoni continu.

Els mètodes de reconeixement directe es basen en l'extracció d'una mostra del terreny mitjançant excavacions de formes diverses (cates) o perforacions de petit diàmetre (sondatges)

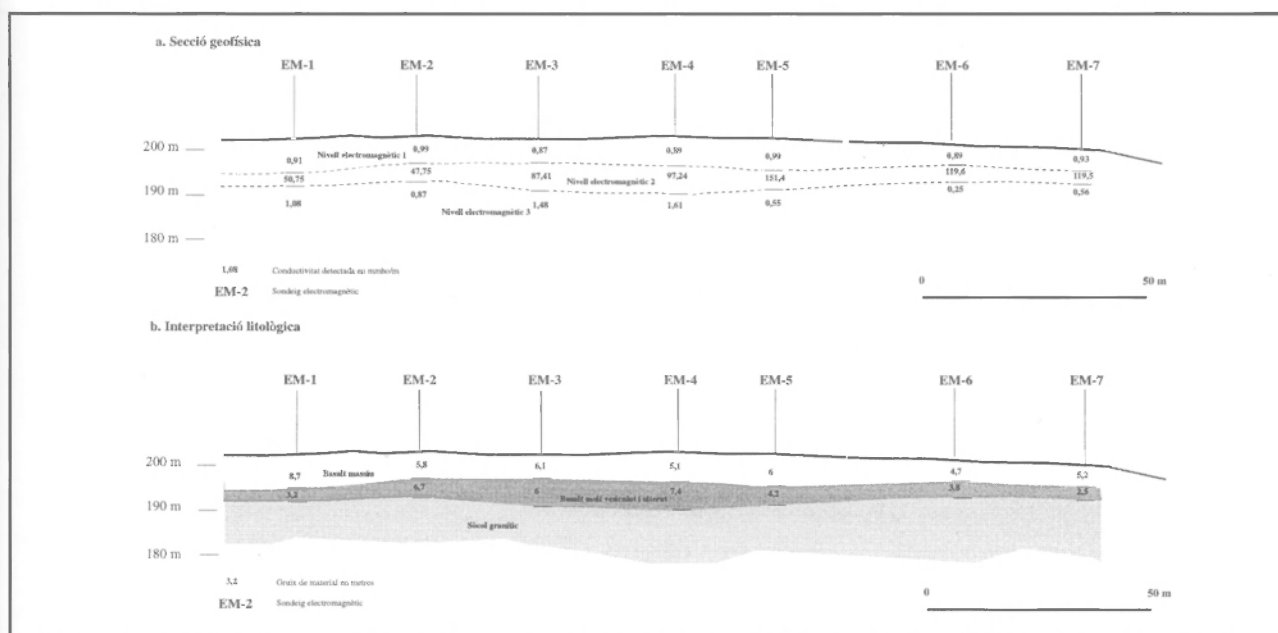


Figura 1.
Perfils geofísics (EM-3) i interpretació en
terrenys volcànics.

3.2. Mètodes de reconeixement indirecte

Es fonamenten en la prospecció geofísica, la qual consisteix bàsicament a determinar, des de la superfície, alguna propietat física del terreny en profunditat, per poder deduir de quin tipus de materials es tracta. Cal dir que, tot i que la informació que proporciona és molt interessant i de baix cost de realització, no té validesa per si mateixa a causa de la precisió que requereixen els estudis de mecànica de sòls. Per aquesta raó la seva utilització resta limitada a treballs previs de tipus general o com a complement en estudis de grans superfícies, en els quals s'utilitza per correlacionar sondatges mecànics de reconeixement.

En els estudis geotècnics, els mètodes més utilitzats són els sísmics i els elèctrics.

3.2.1. Mètodes elèctrics

Els més emprats, i tot sovint de manera complementària, són el tradicional sondatge elèctric vertical i la cartografia de conductivitats (Cornwell i McCann, 1991).

El mètode del sondatge elèctric vertical consisteix a introduir una intensitat de corrent en el terreny i mesurar la diferència de potencial que es genera. Tant per a la transmissió com per a la recepció del corrent s'utilitzen elèctrodes encastrats en punts preestablerts del terreny, la distribució dels quals està determinada per la configuració que se segueixi. Els dispositius de Schlumberger i de Wenner són els més comuns (Barker, 1981; Griffiths i Baker, 1989).

Respecte de la cartografia de conductivitats, en la darrera dècada s'ha convertit en un mètode d'exploració convencional i una potent ajuda a la investigació geotècnica clàssica (Zalasiewicz *et al.*, 1985). Consisteix a generar un camp magnètic primari i alternatiu i detectar els de tipus secundari originats com a resposta. Els equips d'inducció eletromagnètica (EM) que s'utilitzen permeten

realitzar en el terreny perfils ràpids sense necessitat d'elèctrodes de contacte. Aparells com els GEONICS EM31 i EM34 (McNeill, 1980), que tenen una capacitat de resolució en fondària de 5 m el primer i d'uns 30 a 40 m el segon, produeixen lectures directes i contínues dels valors de conductivitat aparent.

3.2.2. Mètodes sísmics

El que més s'utilitza, sobretot per determinar el grau d'excavabilitat del terreny, és el de la sísmica per refracció. Consisteix a generar ones elàstiques, mitjançant explosius o cops donats des de la superfície, que es propaguen pel terreny i enregistren en una sèrie de punts escollits (geòfons). Es mesura el temps d'arribada del primer front d'ones, que correspon al de les ones compressives (ones P), i també, en el cas que es vulguin determinar els mòduls dinàmics del terreny, els d'altres fronts, sobretot el de les ones transversals (ones S). L'estructura del terreny en fondària es detecta a partir de càlculs que relacionen els temps d'arribada i la posició ocupada per cadascun dels punts de registre. El paràmetre que proporciona aquesta relació és la velocitat de propagació de les ones compressives o grau de compacitat sísmica de les litologies investigades. La fondària de resolució d'aquest mètode, que depèn de l'energia de la font generadora d'ones, és de l'ordre d'uns 20 a 30 m, en el cas que es practiqui un copejament manual en la superfície del terreny, o d'uns 50 a 70 m, en el cas que s'utilitzin explosius.

3.3 Assaigs geotècnics in situ

Els més freqüents es poden agrupar en dues categories: els de penetració i els de càrrega.

3.3.1. Assaigs de penetració

Tenen com a objectiu, en primer terme, avaluar la resistència que ofereix el terreny a l'encastament d'una cullera. Posteriorment, a partir dels resultats obtinguts i mitjançant correlacions de base semiempírica, s'obtenen valors de paràmetres que possibiliten fer càlculs geotècnics. Els assaigs de penetració més habituals són els següents:

– Penetròmetre estàtic (*cone penetration test*, CPT)

Aquesta prova consisteix a endinsar en el terreny una barnilla cilíndrica de punta cònica mitjançant l'aplicació contínua d'una pressió estàtica. L'assaig es realitza amb una velocitat de penetració constant, que sol oscil·lar entre els 0,60 i 1,20 m/s. Per la seva natura, és especialment indicat per poder avaluar la capacitat portant per a pilons prefabricats.

En un assaig complet d'aquesta mena s'enregistren, quasi de manera contínua, la resistència en punta, és a dir, la que ofereix el terreny en ser penetrat per la punta cònica, i la resistència lateral, és a dir, la derivada del fregament lateral de part de la punta. A partir d'aquestes dades es poden obtenir valors aproximats de paràmetres com la densitat natural i l'angle de fregament intern, en sòls granulars; la cohesió aparent, en sòls cohesius; i el mòdul de deformabilitat, per a tots els sòls.

Els mètodes de reconeixement indirecte es fonamenten en la prospecció geofísica, que consisteix a determinar des de la superfície alguna propietat del terreny en profunditat, per deduir-ne el tipus de material

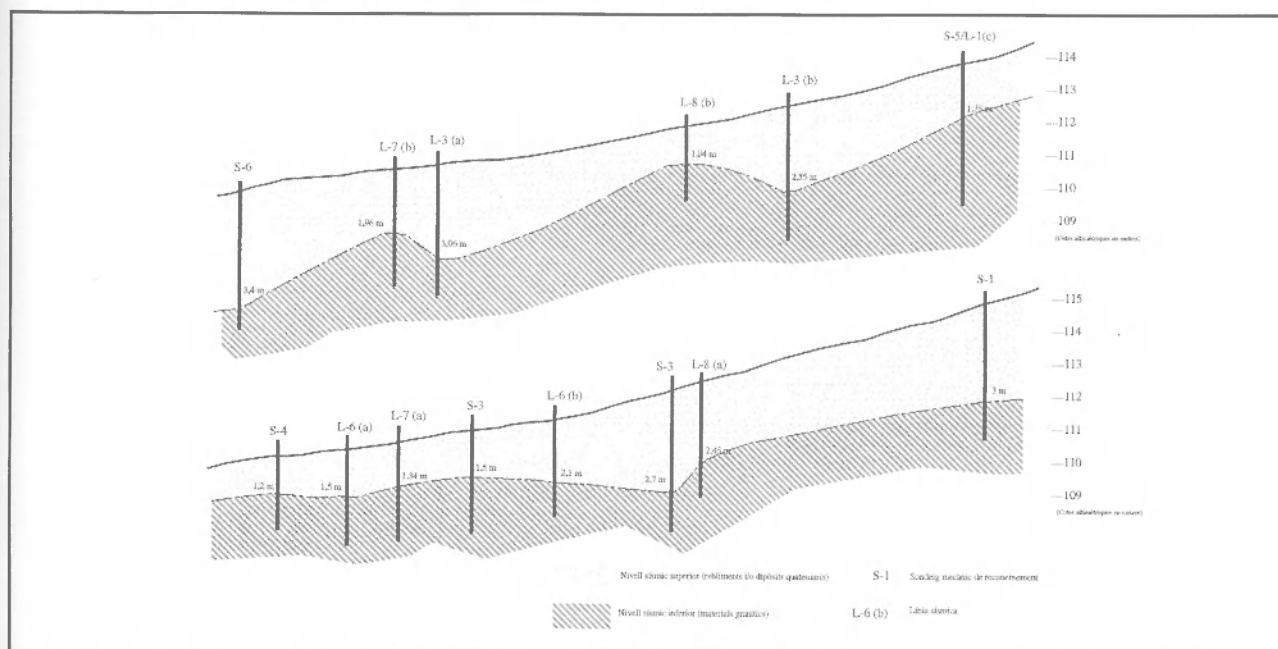


Figura 2.
Correlació de nivells litològics mitjançant
sísmica per refracció en terrenys granítics.

- Penetròmetre dinàmic continu (*dynamic probing*, DP)
Es tracta d'introduir en el terreny una barnilla cilíndrica de punta cònica mitjançant, a diferència del cas anterior, el copejament repetit d'una massa que cau lliurement des d'una certa alçada. Les diverses modalitats d'execució d'aquesta prova es diferencien per una o més de les característiques següents: el pes de la massa, l'alçada de la caiguda i les dimensions de la barnilla i de la punta cònica. Totes s'apliquen en sòls predominantment granulars i és en aquests materials on la interpretació quantitativa dels resultats té més fiabilitat.
L'assaig és relativament senzill de fer, ja que es tracta simplement de comptar el nombre necessari de cops per encastar la punta cònica a una longitud definida (10 o 20 cm). Aquest nombre es pot transformar, mitjançant diferents expressions matemàtiques, en la resistència en punta que ofereix el terreny. Dels resultats d'aquest assaig es poden obtenir també el grau de compacitat en sòls granulars i la cohesió aparent en sòls cohesius.
- Penetròmetre dinàmic discontinu (*standard penetration test*, SPT)
És una prova de penetració dinàmica. Consisteix a endinsar en el terreny un tub de mostreig estandarditzat, mitjançant l'energia derivada de la caiguda lliure d'una massa de 63,50 kg des d'una alçada de 76,20 cm damunt un capçal de copejament (*yunque*). El tub esmentat proporciona un petit testimoni del sòl que només pot utilitzar-se per a assaigs d'identificació. Quan es practica en sòls de gra gros, aquest tub se substitueix per una punta cònica similar a la dels assaigs anteriors.
Per realitzar aquesta prova es fa una neteja del fons del sondatge, es col·loca el tub de mostreig i, tot seguit, es copeja fins a fer-lo penetrar 45 cm en el terreny. El nombre de cops necessaris per endinsar el tub els 30 cm darrers, que s'indica com a N_{30}

o simplement com a N, és el resultat de l'assaig. El comptatge sol fer-se en tres sèries de 15 cm i es negligeix la primera perquè correspon a un tram de terreny que es troba alterat per la realització del sondatge.

El valor N_{60} es pot correlacionar empíricament amb paràmetres geotècnics que s'utilitzen en el càlcul de la capacitat portant i de la deformabilitat del terreny, com ara la resistència a la compressió simple (taula I) i la cohesió aparent, en sòls cohesius, i el mòdul de deformabilitat i l'angle de fregament intern (taula II), en sòls granulars sorrenços.

El fet que aquest assaig estigui molt estès, estudiat i provat en diversitat de materials, fa que les correlacions entre el valor N_{60} obtingut i els paràmetres geotècnics esmentats siguin relativament fiables.

3.3.2. Assaigs de càrrega

Consisteixen a avaluar el comportament del terreny davant d'un esforç que s'aplica per tal de deformar-lo. S'expliquen breument els tres que més es practiquen.

– Assaig de Vane-Test

Es tracta de fer girar, a una determinada velocitat, dues pales creuades ortogonalment que prèviament s'han encastat en el terreny i que tenen com a arbre de torsió la seva aresta comuna. El gir indueix una deformació progressiva en el material fins que se n'assoleix la ruptura.

La mesura del par de torsió aplicat per provocar el gir pot relacionar-se, mitjançant una expressió matemàtica, amb la cohesió aparent. De fet, els equips solen disposar d'una escala graduada que permet una lectura directa del paràmetre esmentat.

És un assaig pensat per a argiles toves que es troben a prop de la superfície. Tanmateix, hi ha accessoris que possibiliten, amb el mateix equip, realitzar-lo en els fons d'un sondatge. També hi ha equips de butxaca que poden ser utilitzats al laboratori.

– Assaig amb pressiòmetre

Consisteix a introduir i fer dilatar una cèl·lula cilíndrica pneumàtica a una certa fondària dins el sondatge, per tal que exerceixi una pressió horitzontal contra la paret de la perforació i, en conseqüència, deformi el terreny.

A partir de les pressions aplicades i les deformacions volumètriques aconseguides es poden obtenir valors de la cohesió aparent i del mòdul elàstic del terreny. Tanmateix, aquest assaig planteja un problema d'interpretació, ja que es treballa amb esforços i deformacions horitzontals i, en canvi, les que generen les fonamentacions són de component vertical. Així, es pot considerar que és una prova recomanable per a casos en què s'hagi de conèixer l'empenta horitzontal del terreny. Un exemple seria el càlcul del fregament lateral dels pilons.

És un assaig que es pot practicar en diversitat de terrenys, però és especialment indicat per a sòls cohesius de gra fi.

Els assaigs de penetració tenen com a objectiu avaluar la resistència del terreny a l'encastament d'una cullera; els de càrrega consisteixen a determinar-ne el comportament davant un esforç per deformar-lo

Taula I.
Correlació per a sòls argilosos a partir
dels valors *N* del SPT
(modificat d'Ayala et al., 1991).

Valor de <i>N</i> (SPT)	Qualificació de la consistència	Densitat saturada (g _s)	Resistència a la compressió simple <i>q_v</i> (kg/cm ²)
< 2	molt tova	1,44-1,60	< 0,25
2-4	tova	1,60-1,76	0,25-0,5
4-8	mitjana	1,76-1,92	0,5-1
8-15	rígida	1,92-2,08	1,0-2,0
15-30	molt rígida	2,08-2,24	2,0-4,0
> 30	dura	> 2,0	> 4,0

Taula II.
Correlació per a sòls cohesius a partir
dels valors *N* del SPT
(ampliat d'Ayala et al., 1991).

Valor de <i>N</i> (SPT)	Densitat relativa (<i>D</i>)	Compacitat	Angle de fregament intern (<i>f</i> °)
< 4	< 0,15	molt solta	> 30
4-10	0,15-0,35	solta	30-35
10-30	0,35-0,65	mitjanament densa	35-40
30-50	0,65-0,85	densa (compacta)	40-45
> 50	0,85-1	molt densa	> 50

– Assaig de càrrega amb placa

Es tracta d'aplicar una càrrega damunt una superfície determinada del terreny i mesurar l'assentament vertical produït. La càrrega es transmet al terreny mitjançant una placa metàl·lica rígida d'uns 50 x 50 cm, i s'incrementa de manera esglaonada fins a superar el valor previst en la fonamentació. Per a cada interval de càrrega aplicada es mesura l'assentament provocat. La càrrega es pot obtenir del pes d'un camió o d'una màquina pesant o a partir d'ancoratges subjectats en el terreny.

Aquest és un assaig real, bé que a escala reduïda, del comportament del sòl davant els efectes d'una pressió vertical. Amb aquesta prova es pot determinar el mòdul d'elasticitat i preveure l'assentament per a una fonamentació projectada. També permet, en el cas de sòls cohesius i si la càrrega aplicada provoca la ruptura del terreny, obtenir la capacitat portant en condicions sense drenatge.

Els resultats s'han d'interpretar amb certa cura. Cal tenir present que es treballa amb una secció molt limitada del terreny i que l'abast de les sobrepressions que es generen en aplicar la càrrega és petit. Per tant, aquest assaig no és representatiu del que hi ha en fondària.

3.4. Presa de mostres

Les mostres són porcions representatives del terreny que en conserven alguna o totes les propietats. S'extreuen per identificar el terreny i caracteritzar-lo, mitjançant assaigs de laboratori, des del punt de vista geotècnic. N'hi ha de dos tipus: les alterades i les inalterades.

3.4.1. Mostres alterades

Són aquelles en què el procés d'extracció comporta canvis en algunes de les seves propietats. Es tracta de testimonis que s'obtenen en la realització d'un sondatge i s'utilitzen per determinar la litologia, la granulometria, la plasticitat, la densitat de les partícules i el quimisme, principalment el contingut de sulfats i de matèria orgànica.

3.4.2. Mostres inalterades

En el seu procés d'obtenció l'estructura es manté pràcticament intacta, és a dir, no hi ha quasi deformació. Si es fa un reconeixement mitjançant cates, aconseguir aquest tipus de mostra no té més dificultat que extreure una porció adequada del terreny de les parets o del fons de l'excavació. En el cas dels sondatges, el sistema que s'utilitza és encastar mostrejadors de paret prima en el fons de la perforació mitjançant una pressió estàtica o per percussió. Les mostres inalterades, un cop obtingudes, s'han de segellar per tal que no perdin la seva humitat natural. Com que conserven les seves propietats, aquestes mostres permeten, a més de les determinacions esmentades en el cas de les alterades, realitzar assaigs de resistència i de deformabilitat.

4. Consideració final

L'elaboració d'un informe geotècnic no respon, malgrat el que es pugui considerar de la lectura d'aquest article, a un procediment rutinari i tipificat d'aplicació de mètodes i de formulismes. Així, l'experiència hi té un paper fonamental, ja que permet, d'una banda, una selecció adequada dels mètodes de reconeixement i, de l'altra, fer una interpretació fiable de les dades que se n'obtenen.

Bibliografia

- AYALA, F.J. (dir.) (1991), *Manual de ingeniería de taludes*. Instituto Tecnológico y Geominero de España.
- BARKER, R.D. (1981), *The offset system of electrical resistivity sounding and its use with a multi-core cable*. Geophysical Prospecting, 29, pàg. 128-143.
- CORNWELL, J.D. i McCANN, D.M. (1991), *The application of geophysical methods to the geological mapping of Quaternary sediments*. Dins: FORTSER, A. [et al.] (ed.), *Quaternary Engineering Geology*. Geological Society, Londres. Engineering Geology Special Publication, 7, pàg. 519-526.
- GRIFFITHS, D.H. i BAKER, R.D. (1989), *Electrical imaging and examples of its application*. Dins: GASKARTH, J.W. i LUMSDEN, A.C. (ed.), *Proceedings of the 6th extractive Industry Geology Conference*, Universitat de Birmingham.
- McNEILL, J.D. (1980), *Electromagnetic Terrain Conductivity Measurement at Low Induction Numbers*. Technical note TN-6, Geonics Limited, Ontario, Canadà.
- RODRÍGUEZ, J.M.; SERRA, J. i OTEO C. (1995), *Curso aplicado de cimentaciones*, sisena edició. Publicació del Col·legi Oficial d'Arquitectes de Madrid.
- ZALASIEWICZ J.A.; MATHERS, S.L. i CORNWELL, J.D. (1985), *The application of ground conductivity measurements to geological mapping*. Quarterly Journal of Engineering Geology, 18, pàg. 139-148.

Les mostres del terreny s'extreuen per identificar-lo i caracteritzar-lo des del punt de vista geotècnic mitjançant assaigs de laboratori