

Toma de muestras en sondeos de reconocimiento geotécnico en España

Por EDUARDO ALONSO

Dr. Ingeniero de Caminos, C. y P.

Se presenta a continuación la segunda y última parte del trabajo cuya publicación se inició en nuestro número de febrero-marzo pasado. En ella se presentan los resultados de la encuesta realizada sobre técnicas de muestreo utilizadas en nuestro país, clasificadas según el tipo de suelos a estudiar, así como los sistemas de presentación de resultados, resumen comparativo de las normas vigentes sobre reconocimiento geotécnico y conclusiones generales del trabajo.

8. TÉCNICAS DE MUESTREO UTILIZADAS EN SUELOS Y FORMACIONES ESPECÍFICAS

Uno de los objetivos fundamentales de este estudio era conocer las técnicas y equipo empleado en nuestro país en el reconocimiento de tipos concretos de terreno. Con objeto de ordenar la consulta realizada se han clasificado los suelos de forma ciertamente subjetiva, pero tratando de que la clasificación (enumeración) de terrenos tuviera un sentido desde el punto de vista de la mayor o menor dificultad (alterabilidad) de la toma de muestras y del empleo de los aparatos tomamuestras corrientemente utilizados. Se llegaron a definir los siguientes tipos de suelos (se incluye un código numérico que permite interpretar algunas tablas ya comentadas):

- 7.1. Arcillas, arcillas limosas o limos arcillosos muy sobreconsolidados y margas compactas, todos en estado masivo «intacto».
- 7.2. Arcillas o suelos arcillosos y margas sobreconsolidadas y fisuradas.
- 7.3. Suelos de abundante matriz arcillosa y consistencia media (denominaciones tales como arena arcillo-limosa, limo arcilloso más o menos arenoso, arcilla limosa y arenosa, arcilla, en general de plasticidad baja y media.
- 7.4. Arcillas, arcillas limosas y limos arcillosos de consistencia blanda a muy blanda y en general de alta plasticidad.
- 7.5. Arenas, arenas limosas y limos sin cementación o ligeramente cementados (o con pequeña cohesión) en estado medianamente denso y denso.
 - 7.5.1. Por encima del nivel freático.
 - 7.5.2. Por debajo del nivel freático.
- 7.6. Arenas, arenas limosas, limos arenosos y limos en estado suelto.
 - 7.6.1. Por encima del nivel freático.
 - 7.6.2. Por debajo del nivel freático.
- 7.7. Gravas, gravas arenosas y gravas limosas.
- 7.8. Aglomerados naturales en general de consistencia alta y matriz arcillosa con abundancia de elementos detríticos gruesos (ciertos depósitos aluviales, depósitos de piedemonte, morrenas, etc.).
- 7.9. Suelos de características singulares atendiendo a su comportamiento estacional, origen, composición, etc.
 - 7.9.1. Suelos expansivos.
 - 7.9.2. Suelos reconocidamente colapsables (microestructuras abiertas, metaestables, etc.).
 - 7.9.3. Turbas y suelos muy orgánicos (limos y arcillas orgánicas, arenas finas con abundante materia orgánica, etc.).
 - 7.9.4. Suelos cementados.
 - 7.9.5. Otros (especificar) (¿Suelos de origen volcánico?).
- 7.10. Suelos formados «in situ» a partir de la alteración progresiva de la roca subyacente, que conserva caracteres relictos de la roca origen.
 - 7.10.1. Granitos alterados.
 - 7.10.2. Otros (especificar).
- 7.11. Otras formaciones naturales descritas previamente en la enumeración anterior según experiencia propia (especificar).

TABLA 20. — Arcillas, arcillas limosas o limos arcillosos muy sobreconsolidados y margas compactas en estado masivo intacto (7.1).

Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
1	Tubo doble tipo T	Elevada	Buena calidad	Sonda helicoidal Batería a rotación	Habitualmente	Las margas compactas no se pueden perforar generalmente con sonda helicoidal debido a su dureza
2	Batería doble + parafinado.	100 %	~ 20 %	Batería doble	Cada 2 - 3 m	No se pueden tomar muestras por hınca. Está en el límite de rocas y se adoptan criterios comunes (RQD, recuper....)
3	Batería doble a rotación si no se deslavan. Tomamuestras abierto de pared gruesa si es posible la hınca.			Diversos	Cada 2 m habitualmente Depende del caso	Si se toma a hınca hay que dar demasiados golpes y se daña la muestra
5	Tomamuestras partido tipo Shelby (?) (¿Pared gruesa?)	60-90 %	Inapreciable	Perforación a rotación o percusión en seco. Bloque (?)	De forma sistemática cada 2 metros (a continuación ensayo SPT)	Si las margas o arcillas son muy compactas se extrae testigo med. perfor. a rotación con agua y se suele parafinar
6	Shelby			Manualmente y cuchara partida	Habitualmente	
7	Bipartido de pared gruesa con camisa de plástico.	> 95 %		Batería tipo B simple	Habitualmente de forma sistemática	
8	Tomamuestras de pared gruesa. Giratorio.			Tubos T o B (simple, doble) sin agua SPT	Habitualmente	
9	Tubo a rotación doble o triple	100 %		Tubo a rotación	Muestras cada 1,5 - 2 metros	
10	Batería doble e inyección de escasa cantidad de agua			Barrena helicoidal o tomamuestr. de hınca cuando es posible (se intenta siempre)	De forma sistemática	
11	Tubo abierto (pared gruesa) Tubo sencillo Tubo doble tipo T (Craellius) Tubo doble tipo K3 Tubo triple	100 % 80-100 % 90-100 % 90-100 % 100 %	35 % 25 % 15 % 15 % 0 (con reservas)	Todo tipo de tomam. bipartido, cucharas de limpieza, útiles de perforación.	De forma sistemática cada 2 - 4 m	
12	Shelby			Procedente del testigo	De forma sistemática	
13	No es posible tomar muestras inalterad. Se toman trozos de testigo a rotación parafinados después de limpiar parte exterior húmeda.			Del testigo en bolsas de plástico precintadas	De forma sistemática	

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA 21.— Arcillas o suelos arcillosos y margas sobreconsolidadas y fisuradas (7.2).

Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
1	Tubo doble tipo T.	Elevada	Buena calidad	Idem 7.1.	Habitualmente.	
2	En bloque. Testigo parafinado.	100 %	Inalter. 20 %		Cada 2 - 3 m.	Muy difícil tomar muestras.
3	Tomamuestras de pared gruesa abierto.			Diversos.	Habitualmente cada 2 metros (depende del caso).	
5	Baterías dobles. Corona de diam. o widia. Testigos para ensayos parafinados.				De forma sistemática.	
6	Shelby.			Manualmente y cuchara partida.	Habitualmente.	
7	Bipartido de pared gruesa con camisa de plástico.	> 90 %	< 20 %	Batería tipo B simple.	Habitualmente de forma sistemática.	
8	De pared delgada si su dureza lo permite. En otros casos los citados en 7.1.			Tubo T o B (simple, doble) sin agua. Tubo triple. SPT.	Habitualmente.	
9	Tomamuestras a rotación triple.	100 %		Tubo a rotación.	Muestra cada 1,5 - 2 metros.	
10	Batería doble e inyección de escasa cantidad de agua.	Menos que 7.1	Más que 7.1	Barr. helicoidal. Tomam. de hinca.	De forma sistemática.	
11	Tubo abierto (pared gruesa). Tubo doble (tipo T, K3). Tubo triple.				De forma sistemática.	
12	Shelby.	Menos que 7.1		Procedente del testigo.	Se incrementa con relación a 7.1 pues la recuperación es menor.	
13	Testigo parafinado. Tubo abierto (pared gruesa).			Testigo a rotación en bolsas precintadas.	De forma sistemática.	

7.12. Terraplenes.

7.12.1. Granulares gruesos (continuos) (zahorras).

7.12.2. De material granular con proporciones notables de finos (arenas arcillosas...).

7.12.3. De materiales con alta proporción de finos plásticos.

7.13. Residuos industriales y de minas.

Para cada uno de estos grupos se pidió información sobre:

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA 22. — *Suelos de matriz arcillosa y consistencia media (7.3).*

Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
1	Tubo doble tipo T. Shelby, tomam. a percusión (rara vez).	Regular	Muestra aceptable	Sonda helicoidal. Batería a rotación siempre que exista suficiente cohesión.	Habitualmente.	
2	Tomamuestras bipartido.	90 %	~ 20 %	Tomamuestras SPT.	Cada 2 - 3 m.	Hinca difícil pero posible.
3	Tomam. abierto de pared gruesa. A veces, si es posible tubo Shelby.			Diversos.	Habitualmente cada 2 metros.	
5	Baterías a rotación con widia, si es posible en seco.				De forma sistemática.	
6	Shelby.			Manualmente y cuchara partida.	Habitualmente.	
7	Bipartido de pared gruesa con camisa de plástico.	> 90 %	< 10 %	Batería tipo B simple.	Habitualmente de forma sistemática.	
8	De pared delgada.			Tubos testigo T (simple) o triple. SPT.	Habitualmente.	
9	Tomam. seccionado camisa de PVC.	95-100 %		Tubo rotación o hincata tubería revestim.	Cada 1,5 - 2 m.	
10	Tomam. bipartido de pared gruesa. A rotación con poca agua en ocasiones.	100 %	Variable con consisten. y tipo de suelo.	Barr. helicoidal SPT.	De forma sistemática.	
11	Tubo abierto (pared gruesa). Tubo doble (tipos T, K3). Tubo triple.				De forma sistemática cada 2 - 4 m.	
12	Shelby.			Procedente del testigo.	De forma sistemática.	
13	Tubo abierto (pared gruesa).			Testigo a rotación en bolsas precintadas.	De forma sistemática.	

a) Tipo(s) de tomamuestra(s) y técnicas adicionales de obtención generalmente utilizadas para extraer muestras «inalteradas» (mantienen peso específico natural y características mecánicas). En cada caso se pedía el porcentaje aproximado de recuperación y una estimación del grado de alteración de la muestra obtenida.

b) Idem para muestras alteradas (mantienen humedad y clasificación).

c) Técnicas no convencionales utilizadas simultáneamente en el curso de la perforación del sondeo si se hace uso de ellas (por ejemplo, utilización de lodos, equilibrio hidráulico y revestimiento del sondeo, congelación, etc.).

d) Frecuencia con que se intenta el muestreo cuando se ha de reconocer ese tipo de formación (muy rara vez y en circunstancias especiales, ocasionalmente, habitualmente, de forma sistemática).

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA 23. — Arcillas, arcillas limosas, limos arcillosos de consistencia blanda a muy blanda (7.4).

Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
1	Tubo doble tipo T. Shelby. Tomamuestras a percusión.	Regular a bajo	Calidad mediocre	Idem 7.3.	Habitualmente.	
2	Shelby. Pistón.	100 %	10 %	SPT.	Cada 2 m.	Las muestras se obtienen con cierta facilidad pero hay que manipular con cuidado durante el transporte para que no se deterioren.
3	Tubo Shelby. De pistón fijo. A veces tubo abierto de pared gruesa.			Diversos.	Habitualm. cada 2 m.	
5	Sacamuestras partido tipo Shelby. Camisa de cinc o PVC (?).			Muestras parafinadas del testigo a rotac.	Generalmente cada 2 metros.	
6	Shelby. Ocasionalmente pistón.			Manualmente y cucharita partida.	Habitualmente.	
7	Bipartido de pared gruesa con camisa de plástico.	> 90 %	< 20 %		Habitualmente de forma sistemática.	
8	De pared delgada. Pistón fijo.			Tubos testigos T o B (simple o doble) sin agua. SPT.	Habitualmente.	
9	Shelby. Pistón fijo.	100 %	Hinca del tubo de revestimiento		Cada 1,5 - 2 m.	
10	Pared delgada Shelby a percusión o presión.	100 %	Algo	Barr. helicoidal. SPT.	Habitualmente.	
11	Tubo abierto (pared gruesa). De pistón (mecánico o hidráulico). Shelby. Tubo triple.				De forma sistemática cada 2 - 4 m.	
12	Shelby (a presión).			Procedente del testigo.	De forma sistemática.	
13	Tomam. tubo abierto con tubo prolongación de pared delgada.			Testigo a rotación en bolsas precintadas.	De forma sistemática.	

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA 24. — *Arnas, arenas limosas y limos sin cementación o lig. cementados en estado medianamente denso y denso (por encima del nivel freático) (7.5.1).*

Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
1	No es posible tomar muestras inalteradas con los tomamuestras habituales.			SPT. Muestra por decantación en sondeos a rotación (únicamente orientativa).	Siempre que sea posible.	
2	Tomamuestras bipartido Shelby.	90 %	30 %	SPT.	Cada 3 m.	Muestra difícil de obtener.
3	Shelby o pistón si es posible hincados a presión.			Cualquier tomamuestras apropiado.	Habitualmente cada 2 metros.	
5	Tomamuestras partido tipo Shelby con camisa de cinc o PVC (?).			Muestras de testigo a rotación.	Cada 2 m.	
6	No se toman muestras inalteradas.			Manualmente y SPT.	Habitualmente.	Se utilizan ensayos "in situ (penetróm.).
7	Bipartido de pared gruesa con camisa de plástico.	> 90 %	< 20 %	Batería tipo B (doble)	Habitualmente de forma sistemática.	
8				SPT.	Habitualmente.	
9	Seccionado y bipartido.	60 %		Hinca tubo revestim.	Cada 1,5 - 2 m.	
10	Tubo bipartido y SPT (?)	80 %		Barrena helicoidal.	Habitualmente.	Muestra bastante alterada.
11	Tubo abierto de pared gruesa. Pistón mecánico, hidráulico Shelby. Tubo triple.				Sistemáticamente cada 2 - 4 m.	
12	Obtención difícil.					Se incrementa la ejecución de SPT.
13	Tomam. tubo abierto pared gruesa provisto de aletas para impedir caída muestra.			Testigo a rotación en bolsas de plástico.	De forma sistemática.	

Las respuestas no descendieron a mucho detalle, reflejando ausencia de datos o experiencia concreta en determinadas formaciones. Así, el porcentaje de recuperación y la estimación del grado de alteración fue muy pocas veces indicado. De igual manera, el apartado c) no recibió prácticamente contestación en ningún caso. Quizá el aspecto más interesante es el que se deriva de la frecuencia de utilización de cada tipo particular de tomamuestras (muestras inalteradas) en cada grupo de suelos. Ello

refleja en cualquier caso un estado de opinión que, como veremos, es muy definido en un número muy limitado de casos.

Junto a las respuestas completas recibidas, que se indican en las tablas 20 a 37, se han confeccionado histogramas (figs. 21 a 29), con la frecuencia de utilización de cada aparato tomamuestras, en función de la mención que se hace de ellos, para los tipos de suelos señalados anteriormente.

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA 25.— Arenas, arenas limosas y limos sin cementación o lig. cementados en estado medianamente denso y denso (por debajo del nivel freático) (7.5.2).

Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
1						
2	Pistón si no es denso el material.			SPT tomando previamente precauciones frente a sifonam.	Cada 3 m.	
3	Shelby o pistón si es posible hincados a presión.			Cualquier tomamuestras apropiado.	Habitualmente cada 2 metros.	
5	Tomamuestras partido tipo Shelby con camisa de cinc o PVC (?).			Muestras del testigo o rotación.	Cada 2 m.	
6				SPT.	Habitualmente.	
7	Pistón fijo.	~ 50 %	> 80 %	Batería tipo B (doble)	Ocasionalmente.	
8				SPT.	Habitualmente.	
9	Pistón fijo.	Variable			Cada 1,50 - 2 m.	
10	Tubo bipartido y SPT (con mayor dificultad que 7.5.1).			Sonda helicoidal. Barrera continua.	Habitualmente.	
11	Tubo abierto de pared gruesa. Pistón mecánico, hidráulico. Shelby. Tubo triple.				Sistemáticamente cada 2 - 4 m.	
12	Obtención difícil.					Se incrementa la ejecución de SPT.
13	Tomamuestr tubo abierto pared gruesa provisto de aletas para impedir caída de muestras.			Testigo a rotación con bolsas de plástico.	De forma sistemática.	

En los suelos arcillosos muy sobreconsolidados y margas compactas tanto fisuradas como masivas se utilizan prácticamente todos los útiles, con excepción de los tomamuestras de pistón, con predominio del tubo doble a rotación y de los tomamuestras de pared gruesa. Sorprende, sin embargo, la utilización de tubos Shelby en formaciones tan compactas. Por otra parte, los tomamuestras de pared gruesa conducen probablemente a muestras muy alteradas debido a los grandes esfuerzos de hinc. Se señala, como es lógico, una recuperación elevada y se estima (por algunos) que la alteración es

relativamente pequeña. A la vista de los resultados presentados en el apartado anterior este «optimismo» está poco justificado. Sondas helicoidales, cucharas de limpieza, tubos sacatestigos y la cuchara estándar (SPT) se utilizan para extraer muestras alteradas.

Los suelos de abundante matriz arcillosa y consistencia media (tabla 22 y figura 22-A), que constituyen probablemente un porcentaje muy considerable del total de suelos reconocidos en nuestro país, se muestrean fundamentalmente con toma

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA 26. — Arenas, arenas limosas y limos en estado suelto.

Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
1	No se pueden tomar muestras inalteradas con los tomamuestras habituales.			Muestra recogida por decantación en sondeo a rotación (poco representativa).		Resulta en general imposible tomar muestras inalteradas. La calificación del suelo se realiza mediante ensayos de penetración.
2	Imposible tomar muestra verdaderamente inalterada sin tratamiento previo. Util a veces el tomamuestras de pistón móvil.			SPT.	Cada 3 m.	
3	Pistón (se intenta).			Cualquier tomamuestras apropiado.	Habitualmente cada 2 metros.	
5	Tomamuestras partido tipo Shelby con camisa de cinc o PVC (?).			Muestras del testigo o rotación.	Cada 2 m.	
6				Manualmente y SPT.	Ocasionalmente.	
7	Bipartido de pared gruesa con camisa de plástico.	> 90 %	< 10 %	Batería tipo B.	Circunstancias especiales.	Extracción muy difícil. Se utiliza un muelle de cesta acoplado a la zapa.
8				SPT.	Habitualmente.	
9	Seccionado y bipartido.	50 %		Hinca tubo revestim.	Cada 1,50 - 2 m.	
10	Tubo bipartido con "cestillo" en la punta para sujeción del testigo (muy alterada).			Sonda helicoidal. Barrera continua.	Habitualmente.	
11	Tubo abierto de pared gruesa. Tubo triple.				Sistemáticamente cada 2 - 4 m.	
12						Fundamentalmente se realiza SPT.
13	Tomamuestr. tubo abierto pared gruesa provisto de aletas para impedir caída de muestras.			Testigo a rotación en bolsas de plástico.	De forma sistemática.	

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA 27. — Arenas, arenas limosas y limos en estado suelto (7.6.1) (por debajo del nivel freático).

Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
1						
2	Prácticamente imposible la toma de muestras.			SPT tomando precauciones ante sifonamiento.	Cada 3 m.	
3	Pistón (se intent.).			Cualquier tomamuestras apropiado.	Habitualmente cada 2 metros.	Se suelen perder las muestras.
5						
6				SPT.	Ocasionalmente.	
7	Pistón fijo.	50 %	80 %	Batería tipo B (doble)	Muy rara vez.	
8				SPT.	Habitualmente.	
9	Pistón fijo.	Variable			Cada 1,50 - 2 m.	
10	Tubo bipartido en cestillo en la punta de sujeción. Muy alterada y gran dificultad.					
11	Tubo abierto de pared gruesa. Tubo triple.				Sistemáticamente cada 2 - 4 m.	
12						Fundamentalmente se realiza el SPT.
13	Tomamuestras de tubo abierto pared gruesa provisto de aletas para impedir caída de muestra.			Testigo a rotación en bolsas de plástico.	De forma sistemática.	

muestras de pared gruesa, seguidos por tomamuestras tipo Shelby y, en un porcentaje apreciable de casos, por tubos dobles (y triples) a rotación. Se indica una recuperación alta y se está dispuesto a admitir con estas técnicas una alteración relativamente baja lo que quizá no esté muy justificado teniendo en cuenta la geometría de los útiles empleados mayoritariamente en la extracción de muestras.

Los suelos arcillosos blandos se reconocen mayoritariamente con tomamuestras de pared delgada (Shelby o pistón), pero los de pared gruesa juegan aún un papel significativo (tabla 23 y figura 22-B). Existe también alguna Organización que está dis-

puesta a emplear la rotación en este tipo de suelos. Se habla de nuevo de porcentajes muy altos de recuperación y baja alteración. Aparentemente no se dispone de datos objetivos en nuestro país que confirmen esta estimación.

En la toma de muestras de arenas medianamente densas se utilizan los tomamuestras de tubo abierto y pistón, pero en un porcentaje apreciable de casos se estima ya imposible la toma de muestras. El paso de condición no saturada a saturada de estos suelos representa un cambio cuantitativo en la frecuencia de utilización de los aparatos tomamuestras con predominio de los de pistón y pared delgada (fig. 23). Es interesante comprobar,

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA 28. — *Gravas, gravas arenosas y gravas limosas (7.7).*

Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
1	No se pueden tomar muestras inalteradas con los procedimientos habituales.			Las gravas se recuperan en la batería y la fracción fina por decantación en la boca del sondeo.		El grado de recuperación es pequeño y las muestras que se toman son sólo orientativas.
2	No se pueden tomar muestras inalteradas (se opta en ciertos casos por realizar el SPT con puntaza).			Muestras en bolsa del testigo recuperado para realizar ensayos de identificación.	Cada 3 m.	
3	No se toman muestras inalteradas pues harían falta diámetros muy grandes.			Mediante calicatas normalmente, con tomamuestras abiertos de pared gruesa, si grava pequeña	Depende del estudio.	
5	Tomamuestras partido tipo Shelby (?). Tubería de hinca (?).					No se suelen hacer ensayos.
6				Manualmente.	En circunstancias especiales.	
7	Tomamuestras SPT.	80 %	95 %	Batería tipo B (doble)	Muy rara vez.	
8				Tubería de hinca SPT con puntaza.	Ocasionalmente.	
9	Tubos a rotación con diámetros superiores a tamaño grava.	Variable		A rotación o hinca.	Cada 3 m.	
10	No se puede con los medios de que se dispone.			Sonda helicoidal.		Si el tamaño de grava es pequeño se puede intentar a rotación. Hacer un tapón con el material del ter. subyacente.
11	Tubo abierto de pared gruesa.	0			Sistemáticamente cada 2-4 m.	
12	Imposible la obtención de muestras inalterad.			A rotación con muy poca o sin agua.		Unic. ensayo de identificación sobre testigos obtenidos con ninguna o muy poca utilización de agua.
13	Difícil la toma de muestras inalteradas. Se emplea en su def. el SPT.			Testigo a rotación en bolsas de plástico.	De forma sistemática.	

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA 29. — *Aglomerados naturales (7.8).*

Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
1	Por lo general no se pueden tomar muestras inalteradas.			Gravas en la batería. Fracción fina por decantación en la boca del sondeo.	Siempre que se puede.	
2	Batería y parafinado.				Cada 5 m.	Normalmente es muy difícil obtener muestras inalteradas.
3	No se toman muestras inalteradas pues harían falta diámetros muy grandes.			Calicatas. Tomamuestras abierto de pared gruesa si grava pequeña.	Depende del estudio.	
5	Con tubos a rotación (widia). Diámetro mínimo: 145 mm. Tubería de hincas (?).					
6				Manualmente y SPT.	Ocasionalmente.	
7				Baterías tipo B y T (sencillo, doble).	Muy rara vez.	
8				Tubos testigos de gran diámetro.	Ocasionalmente.	
9	Rotación con coronas de diamante o widia.	80-90 %			Cada 1,50 - 2 m.	
10	Se intenta a rotación. Grandes dificultades.		Elevada	Barrenas helicoidales (a veces se intenta perforación con martillo de fondo, recuperándose los detritus).	Habitualmente.	
11	Tubo abierto pared gruesa. Tubo sacatestigo sencillo. Tubo sacatestigo doble.				Sistemáticamente cada 2 - 4 m.	
12	Imposible la obtención de muestras inalterad.			A rotación con muy poca o sin agua.		Identificación sobre testigos obtenidos sin o poca agua.
13	Difícil la toma de muestras inalteradas. En su defecto se emplea SPT.			Testigo a rotación en bolsas de plástico.	De forma sistemática.	

sin embargo, que los porcentajes relativamente altos (70-90 por 100) de recuperación citados para suelos arenosos medianamente densos y densos por encima del nivel freático (tabla 24) corresponden a tomamuestras de pared gruesa y, sin embargo, nada se dice sobre este mismo aspecto cuando se utilizan tomamuestras de pared delgada.

Las muestras alteradas se obtienen mayoritariamente con tubos SPT y en menor cuantía a rotación o con barrena helicoidal.

Cando se trata de suelos arenosos sueltos (tablas 26 y 27 y figura 24) se prescinde de la utilización de tubos Shelby incrementándose por un lado

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA 30. — *Suelos expansivos (7.9.1).*

Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
2	Tomamuestras bipartido.				Cada 2 - 3 m.	Como arcilla media dura.
3	Tomamuestr. abierto de pared gruesa.			Diversos.	Según los casos.	En suelos expansivos a veces es preciso prestar especial atención al coeficiente de entrada D.
5	Tubos de diámetro mínimo: 145 mm.					
6	Shelby.				Sistemática.	
7	Bipartido pared gruesa con camisa de plástico. Shelby.	> 95 %	< 10 %	Batería tipo B (simple).	Habitualmente.	
8	De pared delgada.			Tubos sacatestigos.	Habitualmente.	
10						No se utilizan técnicas especiales distintas a las descritas
11	Tubo abierto de pared gruesa. Tubo sencillo, doble y triple.				Sistemáticamente cada 2-4 m. En superficie cada 1 m.	
12	Shelby.					
13	Testigo parafinado. Tubo abierto (pared gruesa).			Testigo a rotación en bolsas precintadas.	De forma sistemática.	Estos suelos suelen ser compactos. Mismo tratamiento que 7.2 (arcillas y margas sobre consolidadas y fisuradas).

la frecuencia de utilización de tubos de pared gruesa y por otro el convencimiento de que es imposible la toma de muestras inalteradas en estos suelos, especialmente por debajo del nivel freático. Los tomamuestras de pistón se utilizan con alguna frecuencia en estos suelos y en ningún caso se ha mencionado el uso de algún tomamuestras o técnica especial adaptada al muestreo de arenas sueltas. Pocos señalan porcentajes de recuperación. En un caso se admite una recuperación del 50 por 100 utilizando tomamuestras de pistón fijo en arenas sueltas por debajo del nivel freático. En alguna ocasión se utilizan asimismo tomamuestras de tubo abierto provistos de dispositivos de tipo aleta a la entrada para impedir la pérdida de la muestra que, por otra parte, se verá alterada por efecto de estos dispositivos.

Las gravas y gravas arenosas, en opinión mayoritaria (tabla 28 y figura 25-A), son imposibles de muestrear. Cuando se menciona la utilización de tubos testigo se habla de diámetros grandes (en relación con el tamaño de las gravas). En general, en estos suelos se obtienen muestras alteradas exclusivamente, normalmente por medio de tubos testigo. Se observa asimismo, en contraste con los casos anteriores, cómo decrece drásticamente la frecuencia del muestreo. Puede afirmarse que las gravas y gravas arenosas son, hoy por hoy, materiales que no se reconocen geotécnicamente mediante muestreo.

Por su parte, en los aglomerados naturales se insiste asimismo (tabla 29 y figura 25-B) en la imposibilidad de tomar muestras inalteradas. Crece,

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA 31. — *Suelos colapsables (7.9.2).*

Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
2	A rotación. Muestras bloque.			SPT.	Cada 2 m.	
5	Tubos diámetro mínimo: 145 mm.					
6	Shelby.				Sistemática.	
7	Bipartido de pared gruesa con camisa de plástico. Shelby.	> 65 %	< 20 %		Sistemática.	
8	De pared delgada.			Tubos testigos SPT.	Habitualmente.	
11	Tubo abierto de pared gruesa. Pistón. Shelby. Tubo triple.				Sistemáticamente cada 2 m.	
12	Muestras bloque en calicatas superficiales.					
13	Tomamuestras de tubo abierto pared gruesa provisto de aletas para impedir caída muestra.			Testigo a rotación en bolsas de plástico.	De forma sistemática.	Mismo tratamiento que 7.6 (arenas, arenas limosas, limo-arenosas y limos en estado suelto).

sin embargo, con relación a las gravas, el porcentaje de organismos que están dispuestos a tomar testigos a rotación (con muy poca o sin agua, se indica en alguna ocasión) para su posterior refinado.

En el campo de los suelos con características singulares, los suelos expansivos son probablemente los más comunes en nuestro país (tabla 30 y figura 26-A). Dado que estos terrenos tienen una consistencia media-dura, las técnicas de muestreo corresponden bien a la «media» de las utilizadas en los casos 7.2 y 7.3, con predominio de los tomamuestras de tubo abierto y una pequeña proporción de extracción a rotación. Como única nota singular cabe citar la influencia que pueda tener el coeficiente de entrada del tomamuestras (si el suelo entra en contacto con agua). En los suelos colapsables (tabla 31 y figura 26-B) se observa una gran dispersión en las respuestas reflejo quizá de la escasa experiencia que en general se dispone sobre estos suelos. Los suelos orgánicos y turbas (tabla 32 y figura 27-A) presentan una distribución de

las técnicas de muestreo prácticamente idénticas a las de los suelos arcillosos blandos a cuya discusión nos referimos. En una ocasión se menciona el «rebote» de los tomamuestras quizá originado por la estructura fibrosa orgánica. Por último, y dentro de este capítulo de suelos singulares, los suelos de tipo cementado (tabla 33 y figura 27-B) se reconocen fundamentalmente mediante muestras tomadas a rotación con un porcentaje apreciable de casos que se inclinan por los tomamuestras de pared gruesa o bien indican que no es posible la toma de muestras inalteradas en estos suelos. Dada la relativa abundancia de estas formaciones (piénsese en las formaciones cuaternarias antiguas de muchas zonas de la costa mediterránea) sería interesante investigar la calidad de estas muestras (testigos) obtenidos a rotación.

El granito alterado es el único representante de los suelos formados «in situ» sobre el que se ha proporcionado alguna información (tabla 34 y figura 28-A). Aunque algunas organizaciones señalan que estos «suelos» se han de reconocer como sue-

TOMA DE MUESTRAS EN SÓNDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA 32. — *Turbas, suelos muy orgánicos (7.9.3).*

Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
2	Batería a rotación.				Cada 2 - 3 m.	Difícil tomar muestras ya que los tomamuestras rebotan.
3	Shelby. Pistón fijo. A veces pared gruesa tipo abierto.			Diversos.	Habitualmente cada 2 metros.	Como 7.4.
6	Shelby.				Sistemática.	
7	Bipartido de pared gruesa con camisa de plástico Shelby.	> 70 %	< 20 %	Batería tipo B (simple).	Habitualmente.	
8	De pared delgada. Pistón fijo.			Tubos testigos SPT.	Habitualmente.	
9	Pistón fijo.	75 %			Cada 2 - 3 m.	
11	Tubo abierto de pared gruesa. Pistón. Shelby. Tubo triple.				Sistemáticamente cada 2 - 3 m.	
12	Tomamuestras a presión.					
13	Tomamuestras de tubo abierto con tubo prolongación pared delgada.			Testigo a rotación en bolsas precintadas.	De forma sistemática.	Mismo tratamiento que 7.4 (arcillas, arcillas limosas y limos arcillosos de consistencia blanda a muy blanda).

los granulares, en las respuestas predomina el empleo de los tubos sacatestigos a rotación junto a un porcentaje alto de opiniones en contra de la posibilidad de tomar muestras inalteradas.

Por último, las tablas 35 a 37 y figuras 28-B y 29, se refieren a la obtención de muestras en terraplenes. Los terraplenes puramente granulares se consideran no muestreables casi sin excepción. A medida que aumenta el contenido de finos plásticos se incrementa la utilidad de tomamuestras de tubo abierto y pared gruesa aunque en un porcentaje apreciable de casos se sigue insistiendo en la imposibilidad de tomar muestras inalteradas. Prácticamente ningún otro tipo de terreno, fuera de los mencionados, fue considerado en las respuestas.

En conjunto, el panorama no es muy halagüeño.

Podríamos entresacar algunas conclusiones de carácter general:

- Ausencia virtual de métodos sofisticados de toma de muestras adaptados a formaciones «difíciles» (arenas, por ejemplo).
- Insistencia quizá excesiva en el uso de los tomamuestras de pared gruesa e incluso de la obtención de muestras a rotación en todo tipo de terrenos.
- Poco conocimiento de la alteración real inducida por las diversas técnicas de muestreo en diferentes terrenos y como consecuencia de ello.
- Criterios poco definidos sobre las mejores técnicas o equipo a emplear en una determinada formación.

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA 33. — *Suelos cementados (7.9.4).*

Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
1	Tubo doble tipo T (a rotación).	100 %	Buena calidad	Testigo de sondeos a rotación.	Habitualmente.	
2	Batería tubo doble.				Cada 4 - 5 m.	En suelos poco cementados hay que emplear tubo doble para evitar que el agua de la perforación elimine la cementación.
5	Perforación a rotación con agua. Parafinado del tramo de testigo que interesa.				Sistemáticamente.	
6	Shelby.				Ocasionalmente.	
7				Baterías tipos B y T (simple y doble).	Muy rara vez.	
8	De pared gruesa. Giratorio.			Tubos testigos.		
9	Tomamuest. seccionado. A rotación.	90-100 %			Cada 1,50 - 2 m.	
10	A rotación con batería doble. Coronas de widia o diamante según grado de cementación.	Variable		Batería sencilla a rotación.	Sistemáticamente.	
11	Tubo sencillo. Tubo doble. Tubo triple (?).				Sistemáticamente cada 2 - 3 m.	
12	Testigo procedente de la perforación (si la cementación impide la penetración del tomamuestras).					
13	No es posible tomar muestras inalteradas (se toman trozos de testigo a rotación parafinados después de limpiar parte exterior húmeda).			Del testigo en bolsas de plástico precintadas.	De forma sistemática.	Mismo tratamiento que 7.1 (arcillas, arcillas muy sobreconsolidadas y margas compactas en estado masivo).

TABLA 34. — Granito alterado (7.10.1).

Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
2	Batería lisa doble.				Cada 2 - 3 m.	
5	Rotación con agua y parafinado del tramo que interese.				Sistemáticamente.	
6	Shelby.				Ocasionalmente.	
7				Baterías tipos B y T (simple o doble).	Muy rara vez.	
8				Tubo triple.	Ocasionalmente.	
10	Batería doble (corona de vidia o diamante). Tomamuestras de hinca.					
11	Tubo abierto de pared gruesa. Tubo doble. Tubo triple.				Sistemáticamente cada 2 - 4 m.	
12						Como suelos granulares.
13	Tubo abierto pared gruesa con aletas para impedir caída de muestra.			Testigo a rotación en bolsas de plástico.	De forma sistemática.	Mismo tratamiento que 7.5 "Arenas en estado medianamente denso y denso".

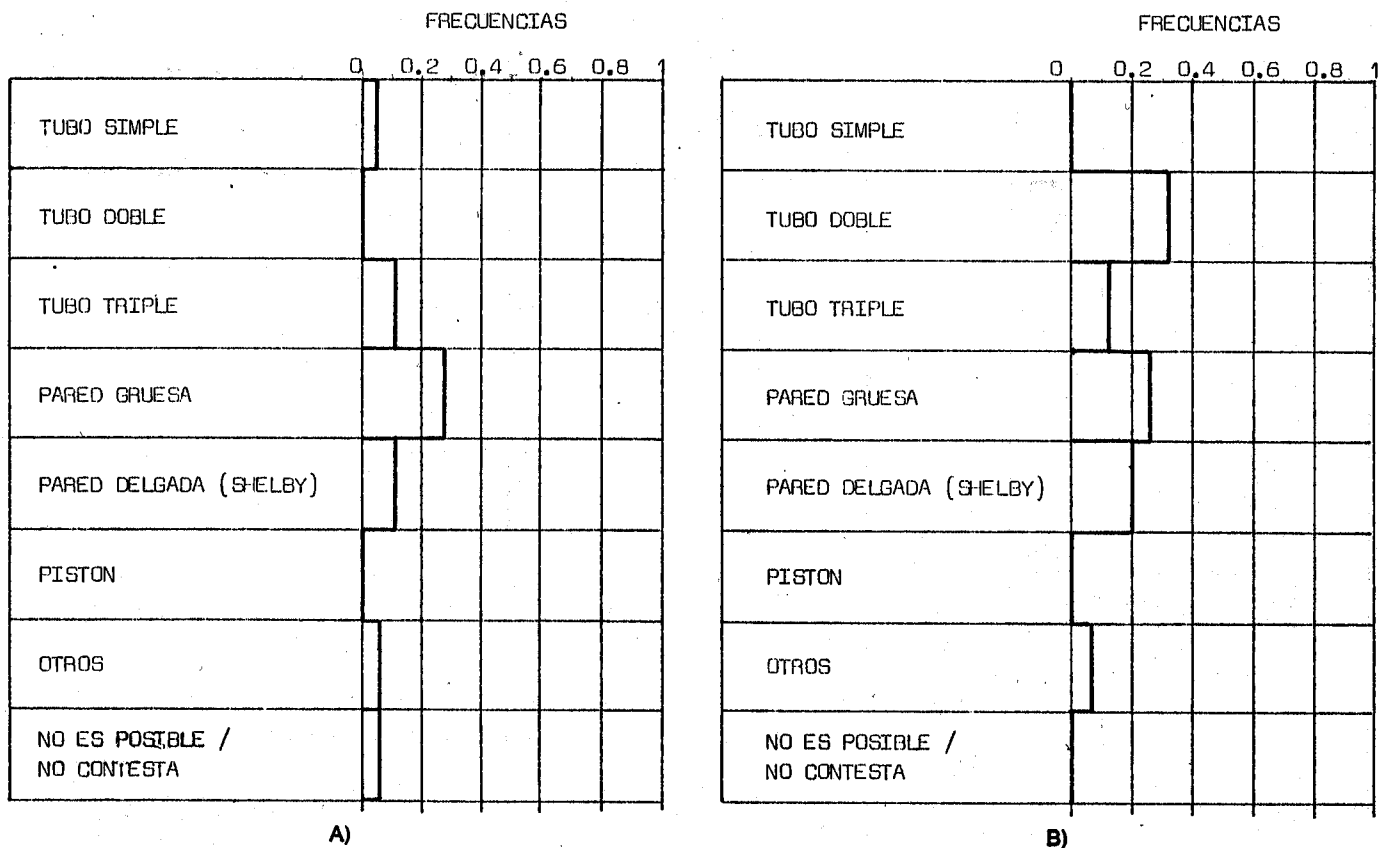
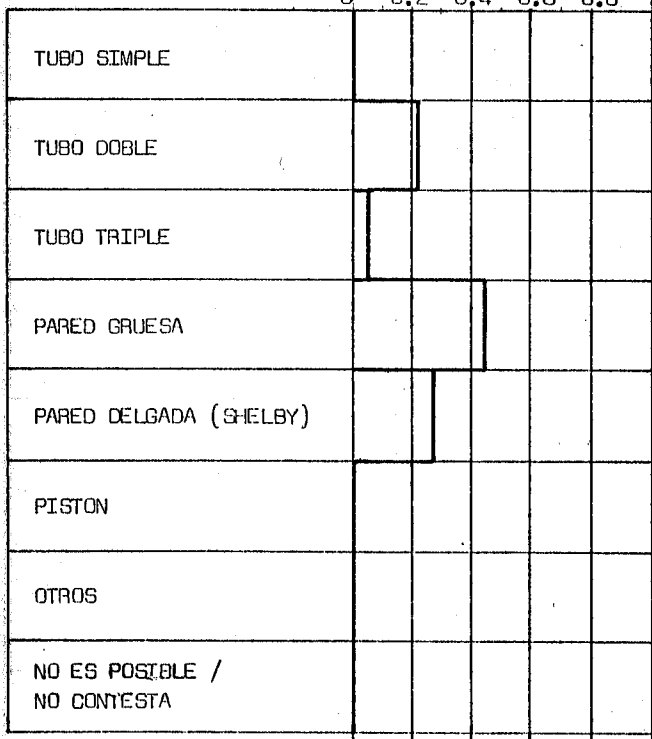


Fig. 21. — Frecuencia de utilización de tomamuestras. A) Arcillas, arcillas limosas o limos arcillosos muy sobreconsolidados y margas en estado masivo intacto. B) Arcillas o suelos arcillosos sobreconsolidados y fisurados.

FRECUENCIAS

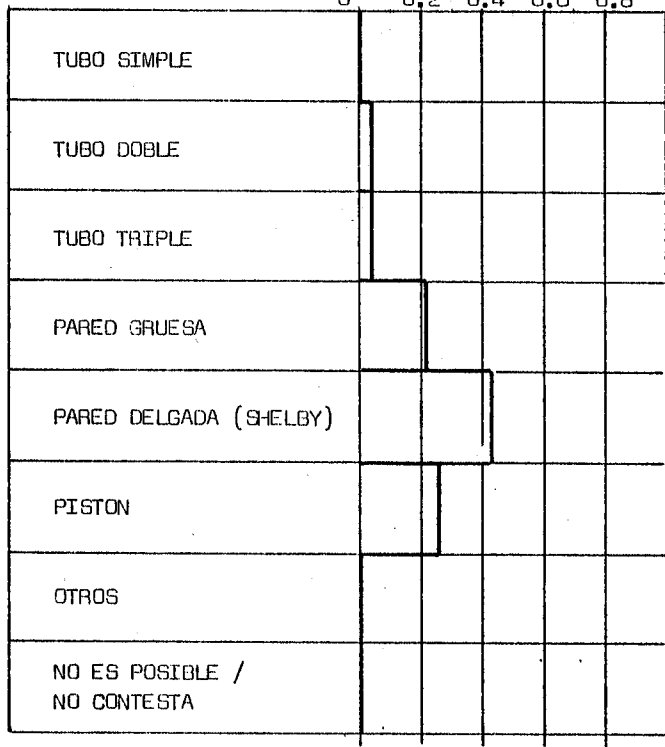
0 0.2 0.4 0.6 0.8 1



A)

FRECUENCIAS

0 0.2 0.4 0.6 0.8 1

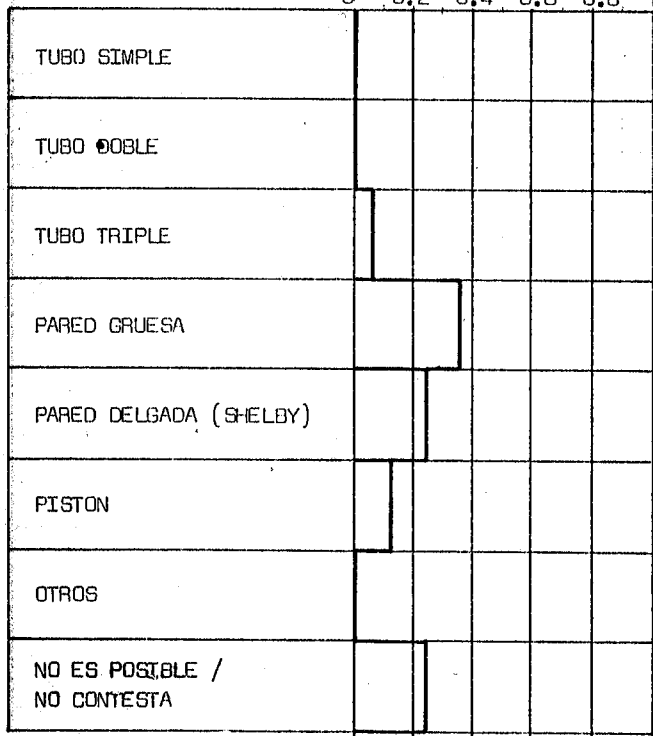


B)

Fig. 22. — Frecuencia de utilización de tomamuestras. A) Suelos de abundante matriz arcillosa y consistencia media. B) Arcillas, arcillas limosas, limos arcillosos de consistencia blanda a muy blanda.

FRECUENCIAS

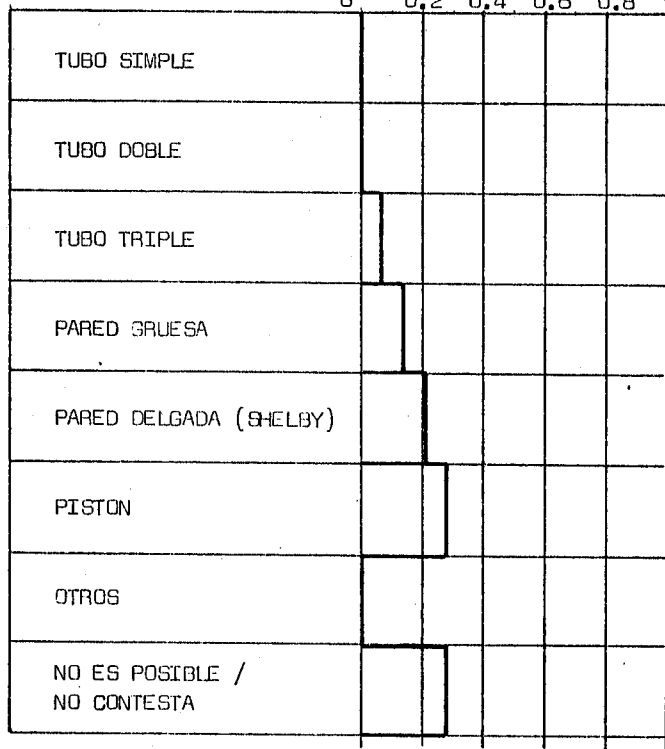
0 0.2 0.4 0.6 0.8 1



A)

FRECUENCIAS

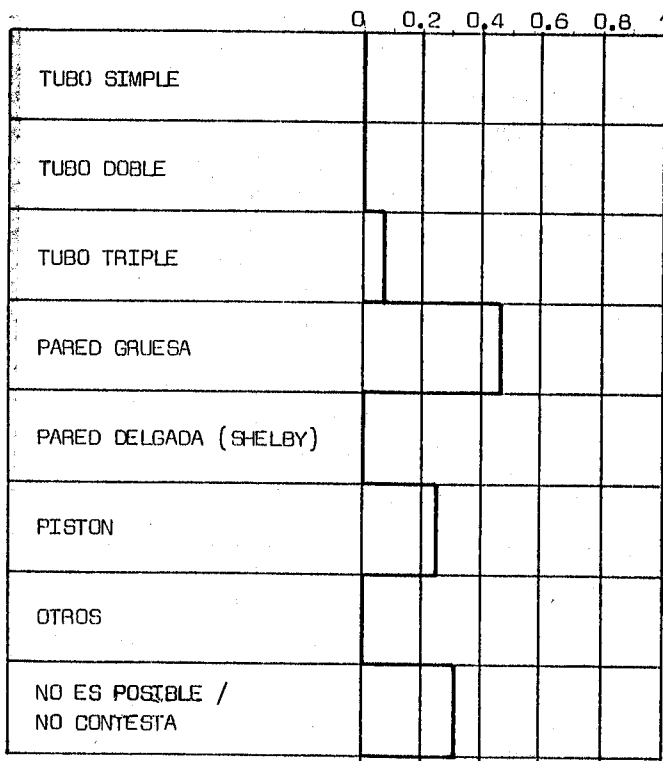
0 0.2 0.4 0.6 0.8 1



B)

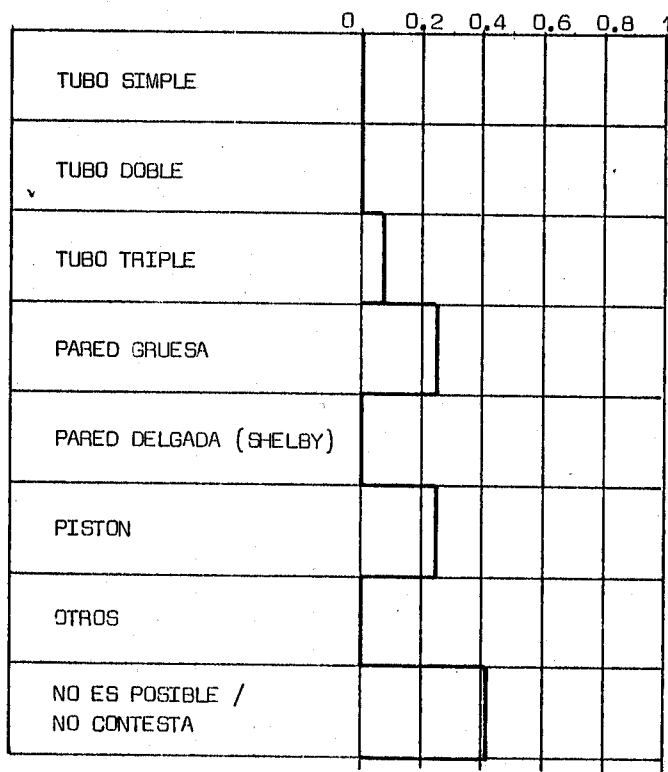
Fig. 23. — Frecuencia de utilización de tomamuestras. A) Arenas, arenas limosas y limos sin cementación o ligeramente cementados en estado medianamente denso y denso (por encima del nivel freático). B) Idem por debajo del nivel freático.

FRECUENCIAS



A)

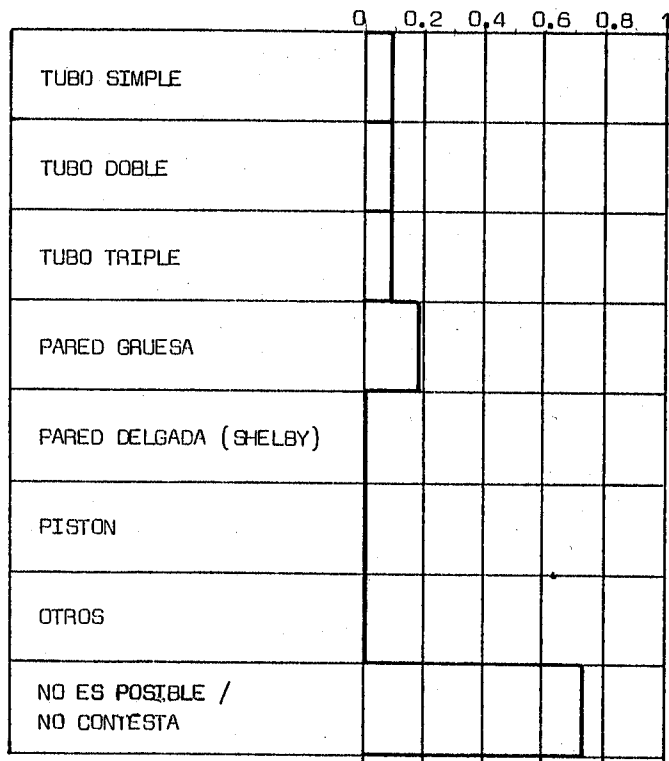
FRECUENCIAS



B)

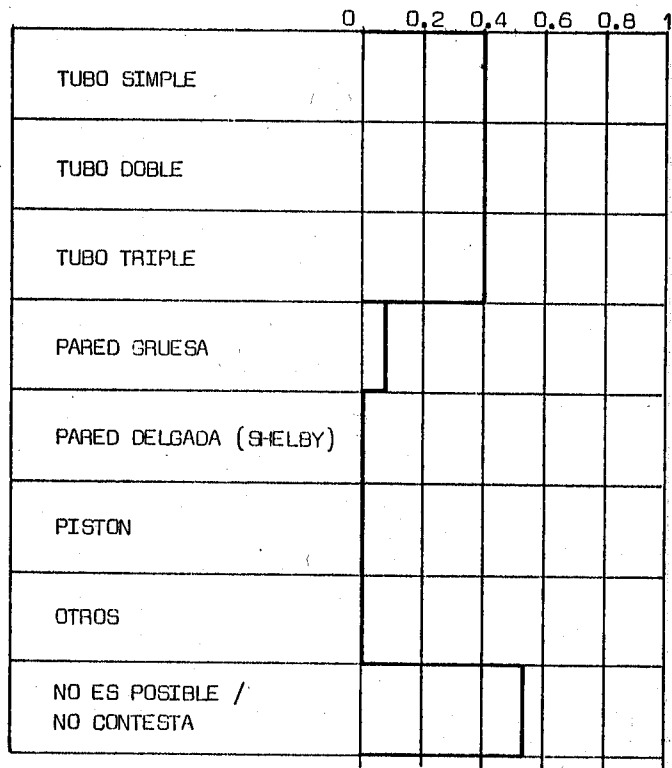
Fig. 24. — Frecuencia de utilización de tomamuestras. A) Arenas, arenas limosas, limos arenosos y limos en estado suelto (por encima del nivel freático). B) Idem por debajo del nivel freático.

FRECUENCIAS



A)

FRECUENCIAS



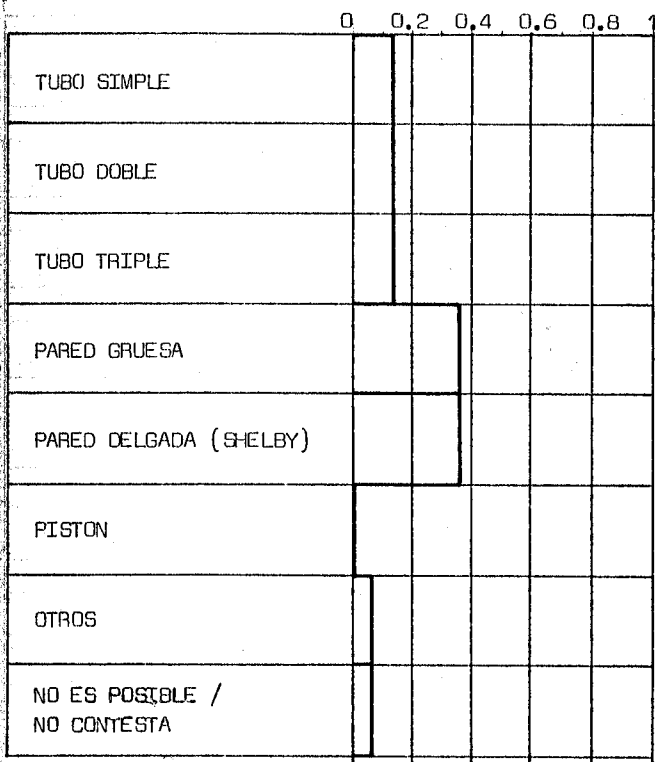
B)

Fig. 25. — Frecuencia de utilización de tomamuestras. A) Gravas, gravas arenosas y gravas limosas B) Aglomerados naturales.

TABLA 35. — Terraplenes granulares gruesos. Zahorras (7.12.1).

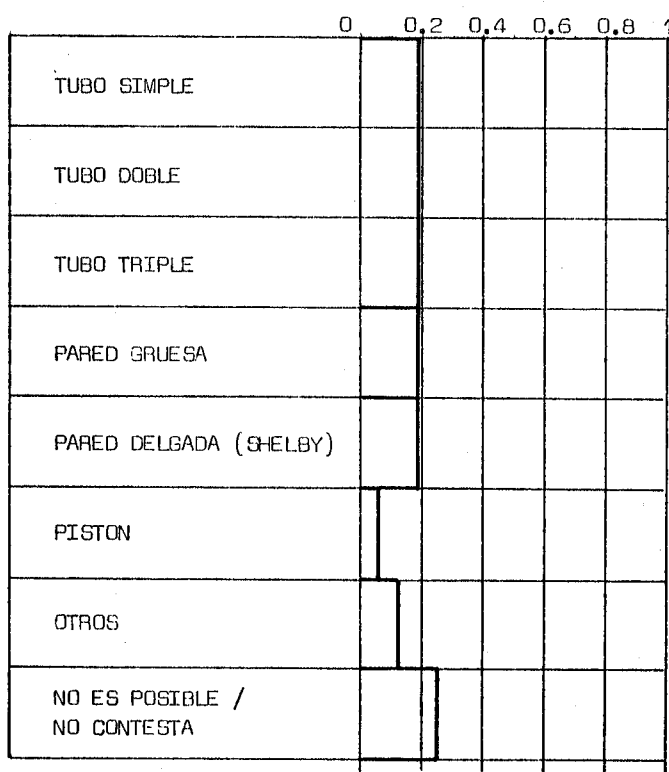
Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
2	No se pueden tomar muestras inalteradas (se opta en ciertos casos con realizar el SPT con puntaza).			En bolsa del testigo recuperado para ensayos de identificación.		Como gravas (7.7).
3	No se toman muestras inalteradas pues harían falta diámetros muy grandes.			Mediante calicatas, normalmente con tomamuestras abiertos de pared gruesa si grava menuda.	Depende del estudio.	Como gravas (7.7).
7	No.			Baterías tipos B y T (simple y doble).	Muy rara vez.	
8	Calicatas.			Calicatas.	Habitualmente.	
9	Tubos a rotación con diámetros superior a tamaño gravas.					Como gravas.
11	SPT.				Sistemáticamente cada 1-2 m.	
12						Obtención de muestras "in situ" o ensayos "in situ" si la muestra obtenida no fuera representativa del comportamiento geotécnico del terraplén.
13	Difícil la toma de muestras inalteradas. En su defecto SPT.			Testigos a rotación en bolsas de plástico.	De forma sistemática.	Mismo tratamiento que 7.7 (gravas, gravas arenosas y gravas limosas).

FRECUENCIAS



A)

FRECUENCIAS



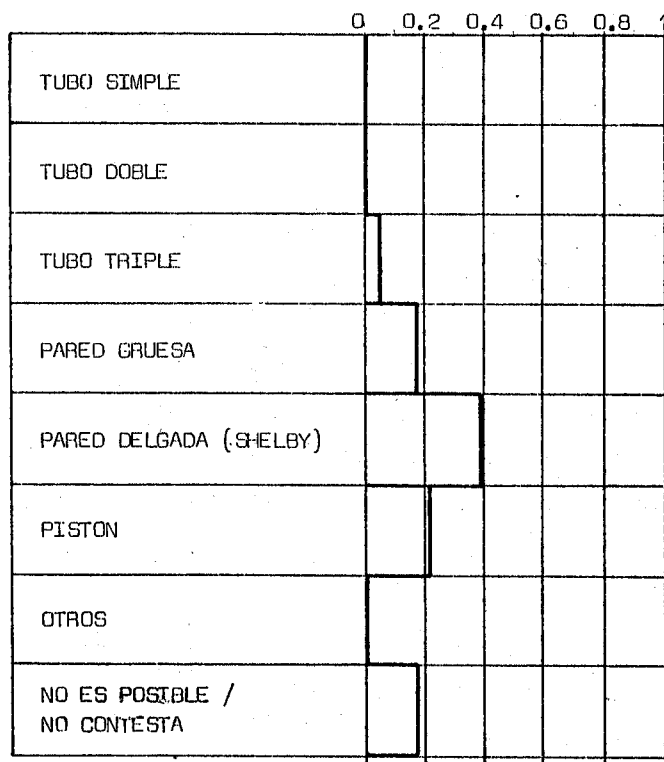
B)

Fig. 26. — Frecuencia de utilización de tomamuestras. A) Suelos expansivos. B) Suelos colapsables.

TABLA 36. — Terraplenes de material granulado con proporciones notables de finos (7.12.2).

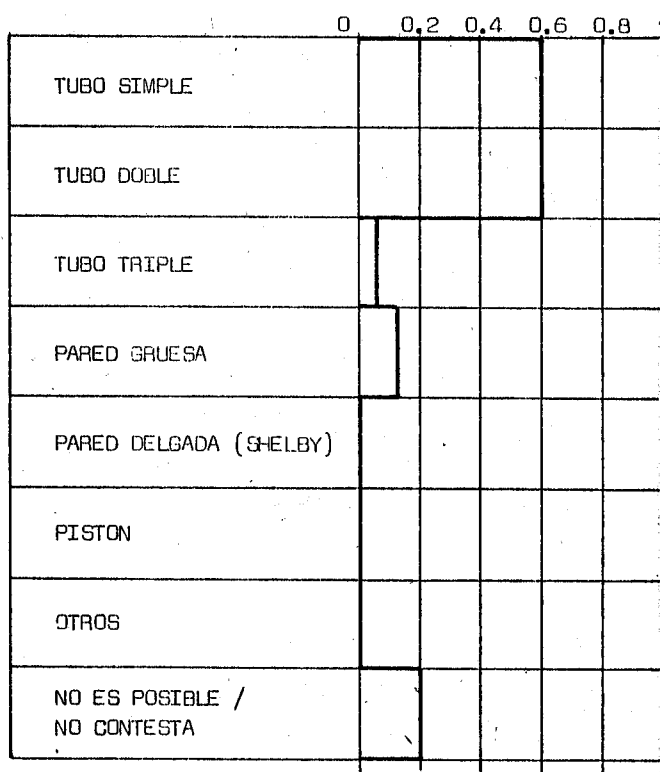
Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
2	Bipartido.			SPT.	Cada 2 - 3 m.	
3	Abierto pared gruesa. Shelby.			Diversos.		
5	Sacamuestras partido tipo Shelby (?) a percusión.			Testigo de perforación parafinado.	Sistemáticamente.	
7	Bipartido pared gruesa con camisa de plástico. Shelby. Bloque.			Batería tipo. B (simple).	Habitualmente. De forma sistemática.	
8	Calicatas.			Calicatas.	Habitualmente.	
11	Tubo abierto de pared gruesa SPT. Tubo triple.				Sistemáticamente cada 1 - 2 m.	
12						Obtención de muestras "in situ" (bloque ?).
13	Tomamuestr. tubo abierto pared gruesa provisto de aletas para impedir caída de muestra.			Testigo a rotación en bolsas de plástico.	De forma sistemática.	Mismo tratamiento que 7.5 ó 7.6. Arenas... densas o sueltas.

FRECUENCIAS



A)

FRECUENCIAS



B)

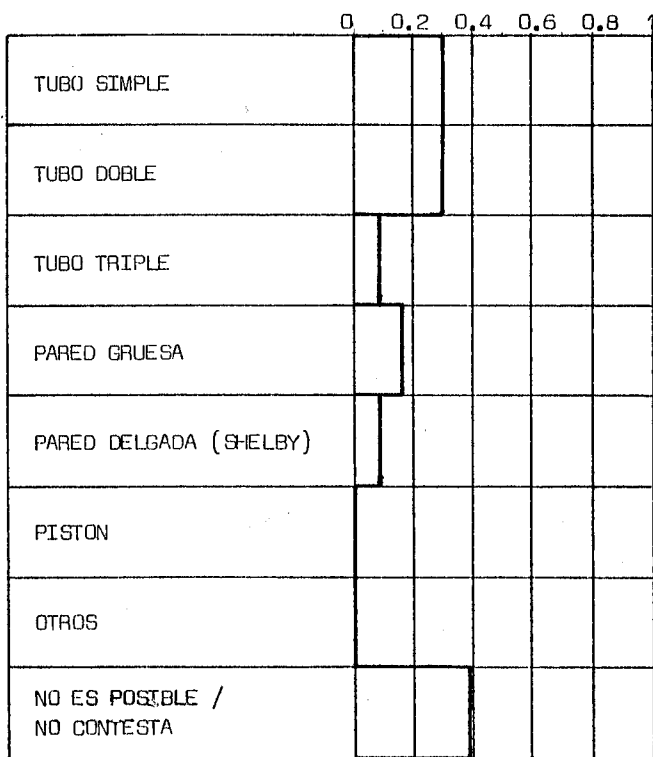
Fig. 27. — Frecuencia de utilización de tomamuestras. A) Turbas y suelos muy orgánicos. B) Suelos cementados.

TABLA 37. — Terraplenes de materiales con alta proporción de finos plásticos (7.12.3).

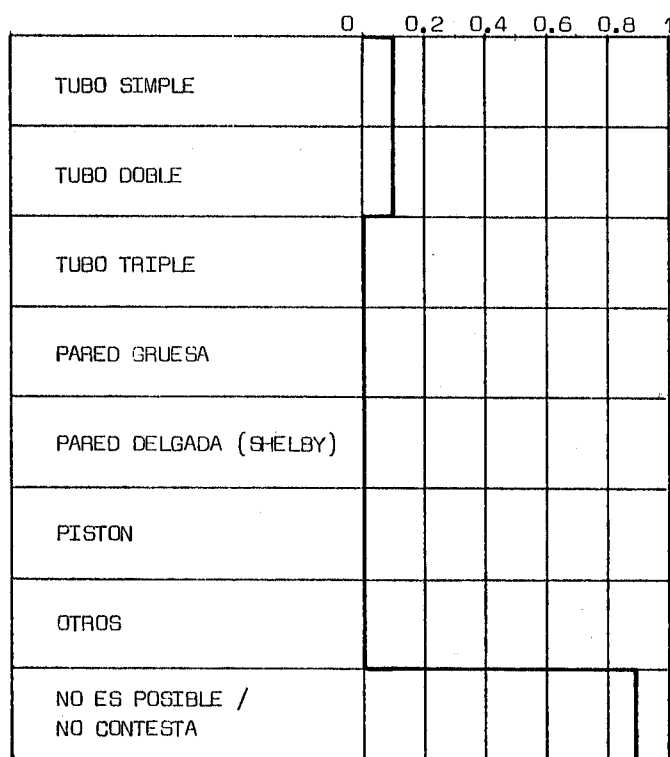
Organis. Empresa	Tipo de tomamuestras	Recuperación	Alteración	Muestras alteradas	Frecuencia de muestreo	Comentarios
2	Bipartido. Shelby. Seccionado.				Cada 2 - 3 m.	Se usa uno u otro en función de su consistencia.
3	Abierto pared gruesa Shelby.			Diversas.		
5	Sacamuestras partido tipo Shelby (?) a percusión.			Testigo de perforación parafinado.	Sistemáticamente.	
7	Bipartido pared gruesa con camisa de plástico. Shelby. Bloque.			Batería tipo B (simple).	Habitualmente. De forma sistemática.	
8	Calicatas.			Calicatas.	Habitualmente.	
11	Tubo abierto de pared gruesa. SPT. Tubo triple.			Perforación a rotación con aire.	Sistemáticamente cada 1 - 2 m.	
12						Obtención de muestras "in situ" (bloque ?).
13	Tubo abierto de pared gruesa. Testigo parafinado.			Testigo a rotación en bolsas precintadas.	De forma sistemática.	Mismo tratamiento que 7.2 ó 7.3 "Arcillas y suelos arcillosos de consistencia media o sobreconsolidada y fisurada".

FRECUENCIAS

FRECUENCIAS



A)



B)

Fig. 28. — Frecuencia de utilización de tomamuestras. A) Granito alterado. B) Terraplenes granulares gruesos (zahorras).

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

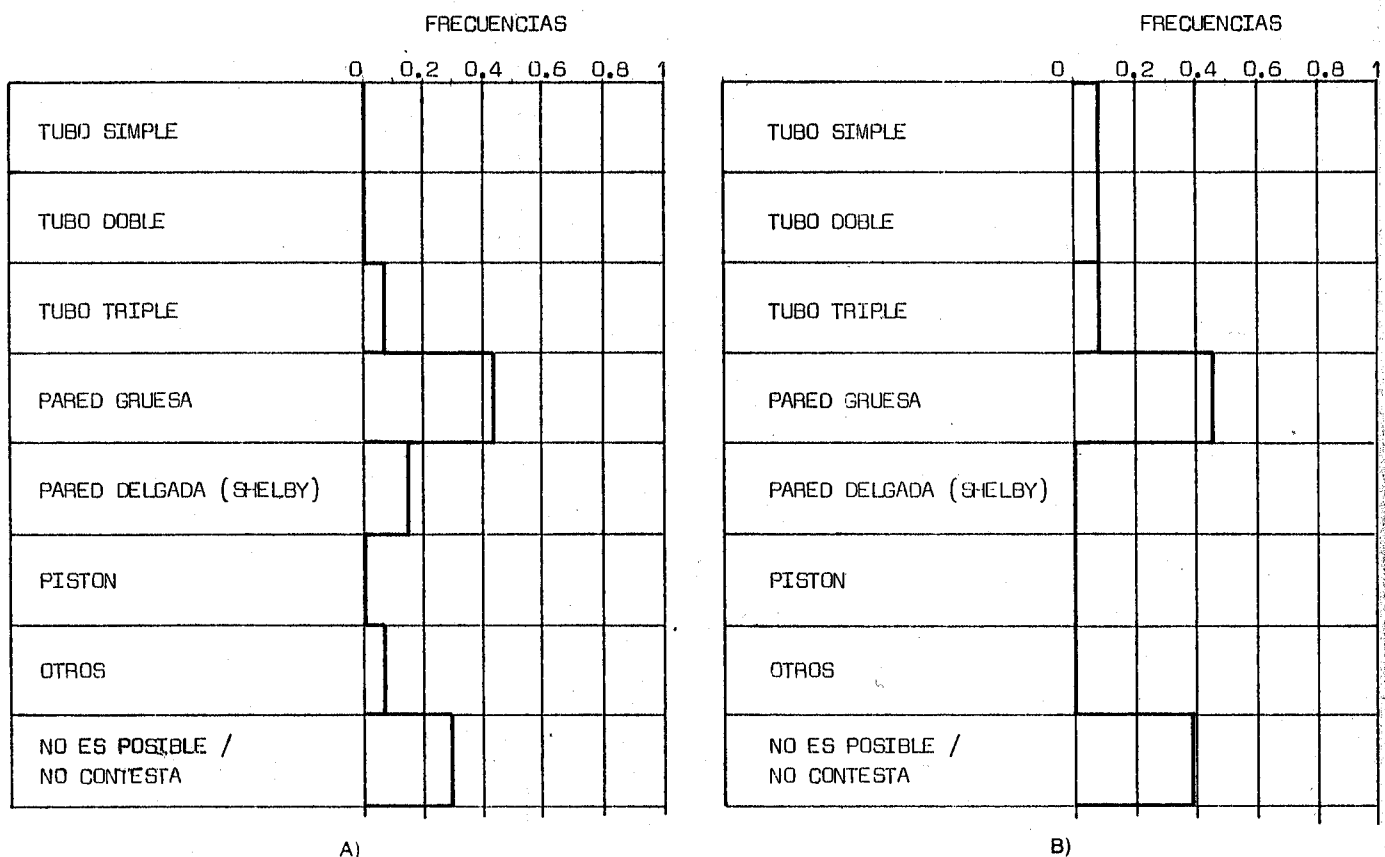


Fig. 29. — Frecuencia de utilización de tomamuestras. A) Terraplenes de material granular con proporciones notables de finos. B) Teraplenes de materiales con alta proporción de finos plásticos.

A estas conclusiones habría que añadir otros datos mencionados anteriormente, en particular los que se refieren a los diámetros más usuales empleados en sondeos de reconocimiento y tomamuestras, que en general son pequeños para lograr muestras de calidad.

9. ESTANDARIZACION Y PRESENTACION DE RESULTADOS

La mayor parte de las organizaciones consultadas son partidarias de una estandarización de las prácticas de muestreo (tabla 38) aunque en general no se le da mucho alcance. Se insiste en una estandarización de la geometría de los tomamuestras, pero por lo demás los aspectos concretos en que sería deseable estandarizar están algo dispersos.

Se solicitó de los encuestados el envío de los documentos utilizados en la presentación de los resultados de un sondeo con toma de muestras. A partir de los impresos recibidos se han entresacado los datos fundamentales que aportan y se han incluido de forma simplificada en la tabla 39 con objeto de poder establecer comparaciones y extraer

alguna conclusión. Debe aclararse que en esta tabla figuran los datos que de forma explícita aparecen impresos en los formatos utilizados. Puede ocurrir en algún caso que se rellenen apartados generales, como pueden ser los de descripción del terreno atravesado o de «observaciones», aportando datos adicionales. Salvando las implicaciones que pueda tener en algún caso concreto esta aclaración, es posible llegar a algunas conclusiones generales:

- El nombre del sondista y/o del técnico encargado se indica en muy pocas ocasiones.
- En general los datos referentes a la propia perforación y su revestimiento se indican con poca precisión. La experiencia propia demuestra, sin embargo, que datos en apariencia tan poco fiables como son las resistencias a la hinca del revestimiento pueden ser de gran utilidad en ocasiones.
- Un número relativamente bajo indica las características de los útiles de hinca del tomamuestras y el tipo y diámetro del mismo. Aún menos proporcionan datos suficientes en sus impresos estándar como para poder calcular algunos parámetros fundamentales

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA A-1. — Resumen de la Norma NTE-CEG del M.V. (diciembre de 1975).

	C A M P A Ñ A T I P O			
	1	2	3	4
Definición (aplicar si)	<p>Características del terreno supuestas iguales a las de terrenos colindantes edificados.</p> <p>Se han de cumplir todos.</p>	<p>No hay precedentes en la zona de la existencia de grandes irregularidades como fallas o estratos erráticos.</p> <p>Se ha de cumplir al menos una.</p>	<p>Ampliación de la 2 si: Campaña 2 indica terrenos med. blandos (suelos) o blandos (suelos). Area del edificio supera: M 400 m². N 225 m². A 100 m².</p>	<p>Existen precedentes de la existencia de grandes irregularidades bajo el plano de apoyo probable de la cimentación o al realizar 2 ó 3 quedan evidentes.</p>
Condicionamientos adicionales.	<ul style="list-style-type: none"> — No existen irregularidades (allas, estratos erráticos) en terrenos circundantes. — Existen edificaciones a menos de 50 m y no presentan anomalías originadas por movimientos del terreno. — Tipo de edificio similar al de las edificaciones a menos de 50 m. — Número de plantas, modulación de apoyos y cargas iguales o inferiores que las correspondientes en edificios a menos de 50 m. — Cimentación de edificios a menos de 50 metros y las del edificio a cimentar son superficiales (menos losa). — Cimentación prevista no supera en profundidad en 1,50 m a las contiguas. 	<ul style="list-style-type: none"> — No existen edificaciones a menos de 50 metros o las que existen presentan anomalías originadas por movimientos del terreno. — Tipo de edificio a cimentar es diferente de las edificaciones a menos de 50 m. — Número de plantas, modulación de apoyos o cargas son mayores que las correspondientes a edificios situados a menos de 50 m. — Cimentación de edificios a menos de 50 metros son por losa o pilotes. — Cimentación de edificios a menos de 50 metros y la prevista son de tipo superficial excepto losa y esta última profundiza respecto a las próximas más de 1,50 metros. 		
Número de puntos a reconocer, "n" (ver notas para definición de tipos M, N, Q de edificio).	<p>M 1 cada 800 m². N 1 cada 450 m². Q 1 cada 200 m².</p> <p>(n ≥ 2).</p>	n = 2.	<p>1 cada 400 m². 1 cada 225 m². 1 cada 100 m².</p> <p>(Restar 2 a la cifra obtenida) (no considerar superficie rocosa expuesta para determinar "n") (n ≥ 2 si es consistencia media blanda (suelta) o muy blanda (suelta)).</p>	<p>1 por apoyo. 1 cada 6 (muros carga). (a reducir si se observa homogeneidad o pueden establecerse correlaciones).</p>
Profundidad a alcanzar, "f" (p = f + z).	Profundidad en metros del plano de apoyo de la cimentación prevista.	Cota en metros medida desde la superficie del terreno hasta el nivel más bajo del edificio a cimentar.	Profundidad en metros de la cimentación probable estimada a partir de los resultados o análisis de la campaña de categoría A.	Cota en metros medida desde la superficie del terreno hasta el nivel más bajo del edificio a cimentar.

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA A-1. — Resumen de la Norma NTE-CEG del M.V. (diciembre de 1975. (Continuación.)

	C A M P A Ñ A T I P O			
	1	2	3	4
Observaciones.	<p>1.5 B. (B: ancho en metros de la zapata mayor de la cimentación prevista).</p>	<p>M, $q < 10 \text{ T/m}^2$ b N, $q < 10 \text{ T/m}^2$ b $q \leq 10 \text{ T/m}^2$ b Q, $q > 10 \text{ T/m}^2$ 1,5 b b: dimensión menor en planta (m). q: carga total supuesta uniformemente repartida.</p>	<p>Zapatas aisladas o corridas $\left\{ \begin{array}{l} \frac{qb}{10} \text{ en el } 25 \\ \text{por } 100 \text{ de} \\ \text{puntos.} \\ 0.6\sqrt{T} \text{ resto.} \end{array} \right.$</p> <p>Losa: $\frac{qb}{10}$ en todos los puntos. Pilotes: $0,4\sqrt{T}$ en todos los puntos. T: Carga total en toneladas del apoyo más cargado.</p>	
		<p>Si se conoce roca o estrato resistente utilizado en la zona como plano de apoyo tomar: p = profundidad de dicho estrato.</p>	<p>Si se conoce roca o estrato resistente utilizado en la zona como plano de apoyo tomar p = profund. de dicho estrato.</p> <p>Si se observa (en categoría 2) que disminuye resistencia y/o aumenta deformabilidad con profundidad, tomar para "z" el caso de losa:</p> <p style="margin-left: 20px;">— z min (m). M 3 N 6 A 6</p>	
Situación de los puntos de reconocim.	Uniformemente el 70 % dentro del área ocupada por el edificio.	— Dentro del área ocupada por el edificio.	Uniformemente. 70 por 100 dentro del área ocupada por el edificio (se tendrá en cuenta posición y resultados de los 2 puntos reconocidos en campaña de categoría 2).	Teniendo en cuenta posición y resultados de los puntos reconocidos en 2 y 3.
Técnicas de reconocimiento a emplear. Pozo, calicata.	Si no existe peligro en la excavación y puede alcanzarse la profundidad "p".	Si no existe peligro en la excavación y puede alcanzarse la profundidad "p".	Si no existe peligro en la excavación y puede alcanzarse la profundidad "p".	En casos especiales y como comprobación o complemento de las técnicas anteriores. No hacer coincidir con apoyos.
Sondeo manual.	Si edificios próximos sobre roca no meteorizada o si el terreno no es de bolos, gravas o arenas, se debe llegar a profundidades "p".	No.	Si se prevé cimentación profunda sobre roca, no existen problemas de rozamiento negativo o empuje lateral y el terreno a atravesar no es de los bolos, gravas o arenas. Se debe llegar a profundidad "p".	No.

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA A-1. — Resumen de la Norma NTE-CEG del M.V. (diciembre de 1975). (Continuación.)

	C A M P A Ñ A T I P O			
	1	2	3	4
Sondeo penetrométrico estático.	Si el terreno a atravesar no contiene bolos o gravas con tamaño superior a 11 mm y se alcanza la profundidad p y existe experiencia en edificaciones próximas que permitan correlaciones, estratos y resistencias a la penetración. Debe comprobar su continuidad estratigráfica mediante sondeos.	No.	Si el terreno a atravesar no contiene bolos o gravas de tamaño superior a 11 mm y se alcanza la profundidad "p" y se realizan 2 penetraciones a distancia aproximada a un metro de sendos sondeos para establecer correlacion.	Si se llega a profundidad "p" y se realizan dos penetraciones a distancia de 1 m de sendos sondeos para establecer correlacion.
Sondeo penetrométrico dinámico.	Si se tiene conocimiento cierto de la continuidad de estratos, si existe experiencia en edificaciones próximas que permitan correlacionar estratos y resistencia a la penetración y se alcanza la profundidad p.	No.	Si se tiene conocimiento cierto de la continuidad de estratos, se realizan dos penetraciones a distancia aprox. de 1 m de sendos sondeos para establecer correlaciones y se alcanza la profundidad "p".	Si se llega a profundidad "p" y se realizan dos penetraciones a distancia de 1 m de sendos sondeos para establecer correlacion.
Sondeo mecánico.	En cualquier caso.	En cualquier caso.	En cualquier caso.	En cualquier caso, en los "n" puntos a reconocer. Puede sustituirse por sondeos penetrométricos en no más del 50 por 100 de los puntos.
Número y tipo de muestras a extraer (ver notas para definición de tipos de muestras). Tipo I.	No.	En vez de tipo II si son arcillas contenidas en la capa freática.	En vez de tipo II si son arcillas de consistencia blanda o muy blanda.	En vez de tipo II si son arcillas contenidas en la capa freática.
Tipo II.	No.	— Una por estrato o al menos una cada 2 m hasta alcanzar la profundidad "p". — Si se prevé terreno expansivo una por estrato y punto o al menos una cada metro hasta 5 m por debajo superficie terreno exterior edificio. Primera muestra a 0,5 m superficie.	— Una por estrato o al menos una cada 2 m hasta alcanzar la profundidad "p". — Si se prevé terreno expansivo una por estrato y punto o al menos una cada metro hasta 5 m por debajo superficie terreno exterior edificio. Primera muestra a 0,5 m superficie.	— Una por estrato o al menos una cada 2 m hasta alcanzar la profundidad "p". — Si se prevé terreno expansivo una por estrato y punto o al menos una cada metro hasta 5 m por debajo superficie terreno exterior edificio. Primera muestra a 0,5 m superficie.
Tipo III.	Una cada metro a partir plano apoyo hasta alcanzar prof. p (sustituible por ensayos de penetración si no puede tomarse).	Si terreno formado por arenas o gravas de tamaño < 11 mm. (En su defecto tipo IV).	Si terreno formado por arenas o gravas de tamaño < 11 mm. (En su defecto tipo IV).	Si terreno formado por arenas o gravas de tamaño < 11 mm. (En su defecto tipo IV).
Tipo IV.	Una por estrato o al menos una cada 2 m hasta plano de apoyo previsto.	Si el terreno atravesado o excavado está formado por bolos o gravas de tamaño superior a 11 mm.	Si el terreno atravesado o excavado está formado por bolos o gravas de tamaño superior a 11 mm.	Si el terreno atravesado o excavado está formado por bolos o gravas de tamaño superior a 11 mm.

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA A-1. — Resumen de la Norma NTE-CEG del M.V. (diciembre de 1975). (Continuación.)

	C A M P A Ñ A T I P O			
	1	2	3	4
Ensayos en Laboratorio. Granulométrico por tamizado.	75 %.	75 %	75 %.	75 %.
Límites Atterberg.	75 %.	75 %	75 %.	75 %.
Hinchamiento (Lambe).	Toda muestra con I.F. < 0,3.	Toda muestra con I.F. < 0,3.	Toda muestra con I.F. < 0,3.	Toda muestra con I.F. < 0,3.
Contenido en sulfatos.	20 por 100 ampliable a 100 por 100, si se conoce la existencia de sulfatos en la zona.	20 por 100 ampliable a 100 por 100 si se conoce la existencia de sulfatos en la zona.	100 por 100 de las muestras extraídas hasta 2 metros por debajo del plano de apoyo de la cimentación probable.	100 por 100 de las muestras extraídas hasta 2 metros por debajo del plano de apoyo de la cimentación probable.
Humedad.	100 por 100 de muestras por debajo apoyo cimentación.	100 %.	100 %.	100 %.
Densidad.	No.	100 %.	100 %.	100 %.
I.F.	75 por 100 de muestras por debajo apoyo cimentación.	75 %.	75 %.	75 %.
Compresión simple.	No.	100 %.	100 %.	100 %.
Edométrico.		Cada muestra tipo I.	Cada muestra tipo I.	Cada muestra tipo I.

NOTAS TABLA A-1.

— En general, cuando no haya sido posible tomar las muestras previstas se prevé en la norma la realización de ensayos de penetración (SPT, estático, dinámico) o pruebas de placa de carga.

— Definición de tipo de muestra:

Tipo	Exigencias respecto al terreno que representan
I	Mantendrá inalteradas las propiedades mecánicas del terreno en estado natural.
II	Mantendrá inalteradas la densidad y humedad del terreno en su estado natural.
III	Mantendrá inalterada la humedad del terreno en su estado natural.
IV	Mantendrá inalterada únicamente la naturaleza del terreno.

— Tipo de edificio. Se clasifican en M, N o Q en función de tipo de estructura, modulación media entre apoyos y número de plantas (incluidos sótanos).

Tipo de estructura	Modulación media entre apoyos (m)	Número de plantas (incluidos sótanos)		
		< 3	3 a 10	> 10
Porticada acero. Porticada hormigón.	< 7	M	N	a
Fábrica.	≥ 7	N	a	a
Prefabricada colgada.	< 7	M	a	a
Otras estructuras.	≥ 7	N	a	a

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA 38. — Estandarización.

Organis. Empresa	¿Estandarización prácticas muestreo? ¿Límites?	Aspectos concretos en que sería deseable estandarizar
2	Existe ya una estandarización al cumplir los tomamuestras comerciales unas ciertas condiciones. En la práctica ya se ha limitado el número de tomamuestras a unos pocos.	a) Exigir en rocas blandas la utilización de tubos dobles. b) Parafinado de las muestras embalaje y envío al Laboratorio.
3	Se necesita fijar ciertas condiciones límite. Por ejemplo, en las dimensiones de los tomamuestras.	Contenidos en publicación "Muestras inalteradas", por V. Escario, Boletín de Información del LTMS, núm. 66, marzo-abril 1968.
4	Sí, en cuanto a las dimensiones de las muestras.	Fundamentalmente en las dimensiones de las muestras.
5	Sí.	En el tipo de material y forma a emplear en el corte (zapatas, coronas, etc.).
6	Sí, a fin de obtener muestras cuyos resultados pudieran ser siempre comparables.	a) Dimensiones de las muestras. b) Procedimiento de extracción. c) Manipulación en Laboratorio. d) Preparación para el transporte y almacenamiento.
7	Sí y sin límite.	
9	No necesario, aunque deseable.	
10	Creemos que sí, dada la gran utilidad que ello supondría a la hora de comparar resultados.	
11	Sería deseable, pero siendo un trabajo eminentemente artesano en ocasiones podría ser perjudicial.	
12		
13	Se considera necesario no desligar la toma de muestras de su manipulación en el Laboratorio. Una estandarización del material del muestreo incluiría necesariamente uniformar los aparatos de Laboratorio en cuanto a tamaño.	

del tomamuestras como son su relación de áreas o los coeficientes de entrada y salida. El calificar a una muestra de inalterada (sobre todo a la vista de lo expuesto previamente) tiene una validez muy relativa.

- Las pérdidas de agua o entrada en el sondeo y en general cualquier dificultad observada se indican en pocas ocasiones y merecen un espacio específico destinado a ellas.
- Es general la ausencia de datos sobre las longitudes de penetración del tomamuestras

y de la muestra recuperada, que, como se ha comentado anteriormente, pueden ayudar a estimar la alteración sufrida por la misma. Asimismo, son muy escasos los que hacen ensayos de control en el campo de tipo mecánico simple, o los que indican el fracaso en la toma de muestras, lo que puede ser muy significativo en ocasiones.

- En cuanto a datos adicionales representados en los sondeos, únicamente una organización recurre sistemáticamente a las diagramas en sondeo. La mayor parte no indican resulta-

TOMA DE MUESTRAS EN SONDEOS GEOTECNICOS EN ESPAÑA

TABLA 39. — *Presentación de resultados de un sondeo geotécnico.*

Organismo/Empresa	1	4	5	6	7	10	11	13
Identificación sondeo.	x	x	x	x	x	x	x	x
Fecha comienzo.	x	x		x	x		x	x
Fecha final.	x	x		x	x		x	x
Nombre sondista.			x	x			x	
Nombre técnico encargado.				x				
Cota de boca.		x	x	x	x	x	x	x
Profundidad/Cota cambios estratigráficos.	x	x	x	x	x	x	x	x
Descripción de cada estrato.	x	x	x	x	x	x	x	x
Diámetro sondeo.			x		x	x	x	
Método de avance.					x	x	x	
Resistencia a la penetración tubería de revestimiento.				x			x	
Profundidad revestimiento.					x	x	x	
(Revestimiento). Peso maza y altura de caída.				x				
Numeración e identificación muestras.		x	?	x			x	x
Profundidad muestras.	x	x	?	x	x	x	x	x
Resistencia a la penetración del tomamuestras.		x		x		x	x	x
Tipo y diámetro del tomamuestras.		x	x				x	x
(Tomamuestras). Peso maza y altura de caída.		x		x			x	x
Otros métodos de hincar tomamuestras.		x						
Obstrucciones y dificultades encontradas.							x	
Pérdidas o entradas de agua.				x			x	
Profundidad N.F. o N.P.	x	x		x		x	x	
Longitud de penetración de tomamuestras.								
Longitud original muestra.								
Longitud real de la muestra.								
Intentos de toma de muestras.		x					x	x
Avance diario.	x			x				
Ensayos de control en el campo.	Vane	x						
	Penet.						x	
Diagraffas.					x			
Ensayos de Laboratorio en el perfil.		x				x		x
Ensayos de Laboratorio en otro documento.	x		x	x	x		x	

dos de Laboratorio en los perfiles geotécnicos. Los que lo hacen suelen hacerlo de forma limitada indicando ensayos básicos de identificación y las muestras donde se han efectuado ensayos mecánicos.

10. CONCLUSIONES Y ASPECTOS SOBRESALIENTES

De la discusión anterior se desprenden una serie de conclusiones que interesa recoger en sus aspectos fundamentales. En su gran mayoría tienen un carácter negativo que se subraya con el ánimo de contribuir a la mejora de los aspectos relacionados con el reconocimiento y la toma de muestras en España. Destacamos las siguientes:

- Existe una ausencia virtual de Normas para el reconocimiento de obras de Ingeniería Civil. La Norma NTE-CEG para obras de edificación es acusada en ocasiones de poca competitividad aunque alguna de sus recomendaciones están quizá poco evolucionadas en relación con las técnicas comunes actuales de la Mecánica del Suelo.
- Un porcentaje alto de los sondeos de reconocimiento se perforan en «suelos» (como contrapartida a roca) y dentro de este porcentaje las cuatro-seis grandes ciudades españolas tienen en conjunto un gran peso.
- El «aprovechamiento» medio del sondeo (en los términos descritos en el artículo) es algo escaso y su examen directo afecta en general a una proporción muy baja del mismo.
- Los diámetros de muestras extraídas son pequeños. La práctica totalidad son inferiores a 100 mm y la mitad es inferior a 70 mm.
- La extracción de muestra continua se utiliza en poquísimas ocasiones.
- Los tomamuestras de pared gruesa predominan ampliamente (85 por 100) sobre todos los demás. Se utilizan virtualmente en todo tipo de formaciones y a las muestras así extraídas se las da el carácter de «inalteradas». Los tomamuestras de pared delgada tienen una utilización marginal debido, sólo en parte, a la poca frecuencia con que se reconocen suelos blandos en España.

- Los tubos sacatestigos se utilizan con gran frecuencia en el reconocimiento de suelos y no únicamente en los duros y los que puedan considerarse rocas blandas.
- Los criterios de control a pie de máquina varían ampliamente entre las distintas organizaciones consultadas.
- No se comprueba en general de forma objetiva el grado de alteración experimentado por la muestra en el curso de su extracción. Se desconoce la magnitud de esta alteración.
- En relación con los puntos anteriores es urgente definir, para cada tipo de terreno reconocido, las limitaciones y alcance de cada tipo de muestreo.
- Se han señalado varios aspectos donde sería conveniente profundizar el conocimiento actual. Entre ellos la toma de muestras en suelos duros y granulares, la cuantificación de la alteración producida por el muestreo y el desarrollo de equipos versátiles de reconocimiento de todo tipo de terrenos.
- Se juzga necesaria una normativa general sobre el reconocimiento del terreno, normativa que ha de caracterizarse, sin embargo, por una cierta flexibilidad.
- Los escasos datos de que se dispone en relación con la toma de muestras de terrenos arcillosos consistentes reflejan una gran discrepancia entre los módulos de deformación y resistencias obtenidos en Laboratorio e «in situ» (placas de carga) con valores un orden de magnitud inferiores para los primeros. Las ramas de recarga (en Laboratorio) de los ensayos triaxiales tensión-deformación pueden proporcionar módulos más próximos a los «reales».
- Es necesario definir un número mínimo de ensayos necesarios para conocer con suficiente aproximación los parámetros de una cierta unidad geotécnica con relación a un problema concreto. Se sugiere para ello la utilización de técnicas estadísticas.
- Existe en nuestro país una ausencia prácticamente total de métodos sofisticados de toma de muestras en terrenos «difíciles» (arenas sueltas, por ejemplo).
- La presentación de resultados adolece de algunas deficiencias que se han señalado en el capítulo correspondiente.

11. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiera sido posible sin la decidida colaboración de todos los organismos y empresas que han aportado sus datos y conocimientos al autor. Estas organizaciones, cuya colaboración se agradece profundamente, son las siguientes: Cimentaciones Especiales, A. A., Dames y Moore Iberia, S. A., Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, Euroestudios, S. A., Geos, S. A., Geotecnia y Cimientos, S. A., Herring, S. A., Intecsa, Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo, Octava Jefatura Regional de Carreteras (Sevilla), Primera Jefatura Regional de Carreteras (Madrid), Segunda Jefatura Regional de Carreteras (Oviedo), Sexta Jefatura Regional de Carreteras (Valencia).

Asimismo, el Departamento de Geotecnia de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad de Barcelona, la División de Materiales de la Quinta Jefatura Regional de Carreteras (Barcelona) y la Empresa Giassa han hecho posible la toma de muestras y ensayos de placa de carga destinados a investigar la alteración inducida por el muestreo.

En todo momento ha sido de gran utilidad la colaboración y consejos prestados por los profesores de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos de Barcelona, J. Santos y J. Casanovas.

12. REFERENCIAS

- ALONSO, E. E.; CASANOVAS, J.; MURCIA, J., and SANTOS, J.: "Criteria for the design of sampling strategies in reconnaissance studies". Proceedings of the Special Session on Soil Sampling. IX Int. Congress on Soil Mech. and Found. Engineering. pp. 127-140. Tokyo, 1977.
- DE MELLO, V. B.: "The Standard Penetration Test". Proceeding of the Fourth Panamerican Conf. on Soil Mech. and Found. Engng. 1, pp. 1-86. San Juan, Puerto Rico, 1971.
- HVORSLEY, M. J.: "Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purposes". W.E.S., Vicksburg, Miss., 1949.
- IDEL, K. H.; MUHS, H., and VON SOOS, P.: "Proposals for "quality classes "in soil sampling and the importance of boring methods and sampling equipment". Sesión Especial número 1. Memorias de la Séptima Conferencia Internacional de Mecánica del Suelo y Cimentaciones, pp. 56-58. México, 1969.
- JIMENEZ SALAS, J. A.: "Soil Sampling". General Report. Special Session on Soil Sampling. IX Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Engng. Tokyo, 1977.
- ROWE, P. W.: "The relevance of soil fabric to site investigation practice". Geotechnique, 22, No. 2, pp. 195-300, 1972.