

Diciembre 2010

### TÍTULO

**Investigación y ensayos geotécnicos**

**Métodos de toma de muestras y mediciones piezométricas**

**Parte 1: Principios técnicos de ejecución**

(ISO 22475-1:2006)

*Geotechnical investigation and testing. Sampling methods and groundwater measurements. Part 1: Technical principles for execution (ISO 22475-1:2006).*

*Reconnaissance et essais géotechniques. Méthodes de prélèvement et mesurages piézométriques. Partie 1: Principes techniques des travaux (ISO 22475-1:2006).*

### CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 22475-1:2006, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 22475-1:2006.

### OBSERVACIONES

### ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 103 *Geotecnia* cuya Secretaría desempeña AENOR.

Editada e impresa por AENOR  
Depósito legal: M 50563:2010

© AENOR 2010  
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

**AENOR**

Génova, 6  
28004 MADRID-España

Asociación Española de  
Normalización y Certificación

info@aenor.es  
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201  
Fax: 913 104 032

131 Páginas

**Grupo 76**



Versión en español

**Investigación y ensayos geotécnicos**  
**Métodos de toma de muestras y mediciones piezométricas**  
**Parte 1: Principios técnicos de ejecución**  
**(ISO 22475-1:2006)**

Geotechnical investigation and testing.  
Sampling methods and groundwater  
measurements. Part 1: Technical  
principles for execution  
(ISO 22475-1:2006).

Reconnaissance et essais géotechniques.  
Méthodes de prélèvement et mesurages  
piézométriques. Partie 1: Principes  
techniques des travaux  
(ISO 22475-1:2006).

Geotechnische Erkundung und  
Untersuchung. Probenentnahmeverfahren  
und Grundwassermessungen.  
Teil 1: Technische Grundlagen der  
Ausführung (ISO 22475-1:2006).

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2005-12-30.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

**CEN**  
**COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN**  
European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung  
**CENTRO DE GESTIÓN: Avenue Marnix, 17-1000 Bruxelles**

© 2006 CEN. Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CEN.

## PRÓLOGO

El texto de la Norma EN ISO 22475-1:2006 ha sido elaborado por el Comité Técnico CEN/TC 341 *Investigación y ensayos geotécnicos*, cuya Secretaría desempeña ELOT, en colaboración con el Comité Técnico ISO/TC 182 *Geotecnia*.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de marzo de 2007, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de marzo de 2007.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

## ÍNDICE

	Página
PROLOGO .....	10
INTRODUCCION.....	11
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	11
2 NORMAS PARA CONSULTA .....	12
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES .....	12
3.1 Métodos de investigación del emplazamiento .....	12
3.2 Equipos y accesorios de perforación.....	13
3.3 Muestreo.....	13
3.4 Medidas del agua subterránea .....	18
4 EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y EQUIPOS AUXILIARES .....	19
4.1 Generalidades .....	19
4.2 Requisitos para las máquinas y accesorios de perforación.....	19
4.3 Lista de actividades .....	20
5 REQUISITOS GENERALES ANTES DE LA TOMA DE MUESTRAS Y MEDIDAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA .....	20
5.1 Generalidades .....	20
5.2 Elección de las técnicas y métodos .....	20
5.3 Requisitos para los sitios y puntos de investigación del terreno.....	21
5.4 Información preliminar necesaria antes de la toma de muestras y medidas del agua subterránea .....	22
5.5 Relleno y abandono del emplazamiento .....	22
5.6 Requisitos de seguridad y especiales.....	23
6 MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRAS DE SUELOS.....	23
6.1 Aspectos generales.....	23
6.2 Categorías de los métodos de toma de muestras de suelo .....	23
6.3 Toma de muestras por perforación con muestra continua .....	24
6.4 Toma de muestras con toma-muestras .....	29
6.5 Toma de muestras en bloque .....	37
7 METODOS DE TOMA DE MUESTRAS EN ROCAS.....	39
7.1 Generalidades .....	39
7.2 Categorías de los métodos de muestreo para rocas .....	40
7.3 Toma de muestras mediante perforación.....	42
7.4 Toma de muestras en bloque .....	43
7.5 Toma de muestras integral .....	43
8 METODOS DE TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRANEA PARA FINES GEOTECNICOS .....	44
8.1 Generalidades .....	44
8.2 Equipos.....	44
8.3 Técnicas de toma de muestras de agua subterránea .....	44
9 ESTACIONES DE MEDIDA DEL AGUA SUBTERRANEA Y PIEZOMETROS.....	45
9.1 Generalidades .....	45
9.2 Piezómetros .....	46

9.3	Instalación de piezómetros .....	50
9.4	Mantenimiento.....	53
9.5	Retirada.....	54
10	MEDIDAS DE AGUA SUBTERRANEA.....	54
10.1	Calibración.....	54
10.2	Ejecución de las medidas .....	55
11	MANIPULACION, TRANSPORTE Y ALMACENAJE DE LA MUESTRAS .....	55
11.1	Generalidades .....	55
11.2	Materiales de conservación y contenedores de testigos.....	56
11.3	Manipulación de los testigos.....	56
11.4	Etiquetado de los testigos.....	57
11.5	Transporte de los testigos .....	57
11.6	Preparación de los contenedores de envío y almacenaje.....	60
11.7	Almacenaje de los testigos .....	60
12	INFORME .....	60
12.1	Informe de campo.....	60
12.2	Informe de resultados .....	67
ANEXO A (Informativo)	EJEMPLO DE UN FORMATO DE INFORMACIÓN PRELIMINAR DE LA TOMA DE MUESTRAS Y MEDIDAS DE AGUA SUBTERRÁNEA PREVISTAS.....	69
ANEXO B (Informativo)	INFORMES DE CAMPO.....	71
ANEXO C (Informativo)	EQUIPO DE PERFORACIÓN Y TOMA DE MUESTRAS PARA SUELOS Y ROCAS .....	80
ANEXO D (Informativo)	BOTES DE VACÍO PARA EL MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA.....	126
ANEXO E (Informativo)	MEDIDAS DE PROTECCIÓN DE PIEZÓMETROS .....	128
BIBLIOGRAFÍA.....		130

## Figuras

Figura 1 – Definiciones de los diámetros $D_1$ , $D_2$ , $D_3$ y $D_4$ .....	15
Figura 2 – Aplicación de los términos del estado de fracturación para muestras de roca.....	16
Figura 3 – Longitudes de penetración del toma-muestras y las muestras.....	17
Figura 4 – Ejemplos de toma-muestras de tubo abierto (OS) para recuperación de testigo de sondeos .....	34
Figura 5 – Esquema del toma-muestras estacionario de pistón de pared delgada (PS) para el muestreo desde el fondo del sondeo .....	36
Figura 6 – Ejemplos de sistemas abiertos.....	46
Figura 7 – Ejemplos de sistemas cerrados .....	48
Figura 8 – Sistema cerrado en un sondeo con paquete filtrante y sellado.....	52

Figura 9 – Ejemplos de sellado y preservación de los testigos.....	58
Figura 10 – Ejemplo de configuración de un sistema abierto de medida agua subterránea .....	66
Figura C.1 – Varillaje de perforación y revestimiento.....	80
Figura C.2 – Serie “Y” de varillaje de perforación roscado.....	83
Figura C.3 – Serie “J” de varillaje de perforación roscado.....	83
Figura C.4 – Serie “métrica” de saca-testigos, según la Norma ISO 3552-1 .....	88
Figura C.5 – Serie “W” de saca-testigos, según la Norma ISO 3551-1 .....	90
Figura C.6 – Serie “W” de saca-testigos, según la Norma ISO 3551-1 .....	91
Figura C.7 – Montaje del saca-testigos con cable.....	92
Figura C.8 – Saca-testigos geotécnico con cable (montaje de las tuberías interior y exterior).....	94
Figura C.9 – Revestimiento de piezómetro con rosca macho en un extremo y hembra en el otro, según la Norma BS 879 .....	96
Figura C.10 – Revestimiento de piezómetro con refuerzo en la rosca macho y empotradas macho-hembra, según la Norma BS 879 .....	96
Figura C.11 – Corona tri-cónica con dientes de sierra.....	99
Figura C.12 – Corona de tungsteno carburo .....	99
Figura C.13 – Levanta-testigos típicos.....	101
Figura C.14 – Retenedores para toma-muestras típicos .....	102
Figura C.15 – Toma-muestras de pared delgada (tubo Shelby).....	103
Figura C.16 – Toma-muestras de pistón hidráulico.....	104
Figura C.17 – Toma-muestras de pistón estacionario con un revestimiento de 50 mm de diámetro. Categoría de muestreo A .....	105
Figura C.18 – Toma-muestras de pistón estacionario con un revestimiento de 50 mm de diámetro. Partes .....	107
Figura C.19 – Toma-muestras de pistón estacionario con un revestimiento de 50 mm de diámetro. Categorías de muestreo A y B.....	108
Figura C.20 – Toma-muestras U100.....	109
Figura C.21 – Toma-muestras para el ensayo de penetración estándar (SPT).....	110
Figura C.22 – Martillo corredizo automático típico.....	111
Figura C.23 – Toma-muestras de ventana y sin ventana .....	112
Figura C.24 – Cortador de arcilla y toma-muestras de fluidos (agua/fangos) .....	113
Figura C.25 – Carcasa seccional .....	114
Figura C.26 – Trépanos y martillo.....	115
Figura C.27 – Barrena continua .....	116
Figura C.28 – Barrenas con diámetros entre 36 mm y 100 mm. Categoría de muestreo C.....	117
Figura C.29 – Barrena continua con eje hueco.....	118

Figura C.30 – Ejemplos de toma de muestras de catas .....	119
Figura C.31 – Toma de muestras de catas. Ejemplo .....	120
Figura C.32 – Ejemplo de toma-muestras de pared delgada y tubo abierto.....	121
Figura C.33 – Ejemplo de toma-muestras de pared gruesa y tubo abierto.....	122
Figura C.34 – Ejemplo de muestreo desde el fondo de un taladro usando un toma-muestras grande.....	123
Figura C.35 – Método de muestreo usando el toma-muestras Laval.....	125
Figura D.1 – Equipo de muestreo de bote de vacío .....	127
Figura E.1 – Ejemplo de terminación de un piezómetro abierto sobre la superficie del terreno.	128
Figura E.2 – Ejemplo de terminación de un piezómetro abierto bajo la superficie del terreno...	129

## Tablas

Tabla 1 – Clases cualitativas de las muestras de suelo para ensayos de laboratorio y categorías de muestreo a usar .....	24
Tabla 2 – Toma de muestras mediante perforación en suelos.....	26
Tabla 3 – Toma de muestras usando toma-muestras.....	31
Tabla 4 – Ejemplos de métodos de toma de muestras con respecto a la categoría de muestreo en diferentes suelos.....	39
Tabla 5 – Toma de muestras de suelo usando toma-muestras .....	41
Tabla C.1 – Serie “W” de varillaje de perforación y revestimiento según la Norma ISO 3551-1..	81
Tabla C.2 – Serie “métrica” de varillaje de perforación y revestimiento según la Norma ISO 3552-1.....	82
Tabla C.3 – Serie “Y” de varillaje de perforación roscado .....	83
Tabla C.4 – Serie “J” de varillaje de perforación roscado .....	83
Tabla C.5 – Serie “W” de saca-testigos según la Norma ISO 3551-1 .....	84
Tabla C.6 – Serie “métrica” de saca-testigos según la Norma ISO 3552-1 .....	85
Tabla C.7 – Saca-testigos de aire .....	86
Tabla C.8 – Varillaje de perforación y revestimiento .....	87
Tabla C.9 – Serie “métrica” de saca-testigos, según la Norma ISO 3552-1 .....	89
Tabla C.10 – Dimensiones del varillaje de perforación con cable.....	93
Tabla C.11 – Dimensiones del varillaje de perforación con cable.....	93
Tabla C.12 – Dimensiones del varillaje de perforación del saca-testigos geotécnico con cable .....	95
Tabla C.13 – Dimensiones del saca-testigos geotécnico con cable.....	95
Tabla C.14 – Dimensiones del revestimiento de piezómetro con rosca macho en un extremo y hembra en el otro.....	96



<b>Tabla C.15 – Dimensiones del revestimiento de piezómetro con refuerzo en la rosca macho y empotradas macho-hembra .....</b>	<b>96</b>
<b>Tabla C.16 – Tabla de elección de la corona.....</b>	<b>97</b>
<b>Tabla C.17 – Perfiles de coronas. Diamante, impregnada, TC (Tungsteno carburo) y PCD (Diamante policristalino).....</b>	<b>98</b>
<b>Tabla C.18 – Corona tri-cónica con dientes de sierra .....</b>	<b>99</b>
<b>Tabla C.19 – Corona de tungsteno carburo .....</b>	<b>100</b>

## PRÓLOGO

ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica.

Las normas internacionales se redactan de acuerdo con las reglas establecidas en la Parte 2 de las Directivas ISO/IEC.

La tarea principal de los comités técnicos es preparar normas internacionales. Los proyectos de normas internacionales adoptados por los comités técnicos se envían a los organismos miembros para votación. La publicación como norma internacional requiere la aprobación por al menos el 75% de los organismos miembros que emiten voto.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no asume la responsabilidad por la identificación de cualquiera o todos los derechos de patente.

La Norma ISO 22475-1 ha sido preparada por el Comité Europeo de Normalización (CEN) Comité Técnico CEN/TC 341 *Investigación y ensayos geotécnicos*, en colaboración con el Comité Técnico ISO/TC 182, *Geotecnia*, Subcomité SC 1 *Investigación y ensayos geotécnicos* conforme al acuerdo de cooperación técnica entre ISO y CEN (Acuerdo de Viena).

La Norma ISO 22475-1 consiste en las siguientes partes, bajo el título general *Investigación y ensayos geotécnicos. Métodos de toma de muestras y mediciones piezométricas*.

- *Parte 1: Principios técnicos de ejecución*
- *Parte 2: Criterios de cualificación de empresas y personal*
- *Parte 3: Evaluación de la conformidad de empresas y personal por una tercera parte*

## INTRODUCCIÓN

La Norma ISO 22475-1 especifica los principios técnicos para la ejecución de la toma de muestras y medidas del agua subterránea para propósitos geotécnicos.

La calidad de estos servicios se puede demostrar con:

- a) una declaración de conformidad establecida por un contratista (control realizado por la primera parte);
- b) una declaración de conformidad establecida por un cliente (control realizado por la segunda parte);
- c) una declaración de conformidad establecida por un organismo de evaluación de la conformidad (control realizado por una tercera parte).

Cada empresa o individuo puede decidir si y cómo demostrarán el cumplimiento de los criterios técnicos: con un control realizado por una primera, segunda o tercera parte dado que ningún artículo de la Norma ISO 22475 requiere dicha declaración.

La Especificación Técnica ISO/TS 22475-2 especifica los criterios de cualificación de empresas y personal que realizan la toma de muestras y las medidas de agua subterránea de acuerdo con la Norma ISO 22475-1.

La evaluación de la conformidad que realiza una tercera parte se puede hacer de acuerdo con los principios técnicos de ejecución de la toma de muestras y medidas de agua subterránea especificados en la Norma ISO 22475-1, como se indica en la Especificación Técnica ISO/TS 22475-2 y en el procedimiento de evaluación de la conformidad indicados en la Especificación Técnica ISO/TS 22475-3.

## 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta parte de la Norma ISO 22475 trata de los principios técnicos de la toma de muestras de suelo, roca y agua subterránea y de las medidas de agua subterránea, en el contexto de la investigación y ensayos geotécnicos tal y como se describen en las Normas EN 1997-1 y EN 1997-2.

Los objetivos de tales investigaciones del terreno son:

- a) obtener muestras de suelo y roca con una calidad suficiente como para evaluar la idoneidad general de un emplazamiento para fines de ingeniería geotécnica y para determinar las características del suelo y roca requeridas en el laboratorio;
- b) obtener información de la secuencia, espesor y orientación de los estratos y sistemas de juntas y fallas;
- c) establecer el tipo, la composición y la condición de los estratos;
- d) obtener información de las condiciones del agua subterránea y obtener muestras de agua para la evaluación de la interacción entre el agua subterránea, el suelo, la roca y el material de construcción.

Las condiciones geológicas e hidrogeológicas influyen en la calidad de las muestras así como la elección y la ejecución del sondeo y/o el método de muestreo, la manipulación, el transporte y el almacenamiento de las muestras.

Esta parte de la Norma ISO 22475 no cubre la toma de muestras de suelo para fines de investigación agrícola o ambiental.

NOTA 1 La toma de muestras de suelo para estos fines se puede encontrar en la Norma ISO 10381.

No se cubre la toma de muestras de agua para fines de control de calidad, caracterización de calidad e identificación de fuentes de contaminación de agua, incluyendo depósitos de fondo y lodos.

NOTA 2 La toma de muestras de agua para estos fines se puede encontrar en la Norma ISO 5667.

## 2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

EN 791 *Equipos de perforación. Seguridad.*

EN 996 *Equipos de pilotaje. Requisitos de seguridad.*

EN 1997-1 *Eurocódigo 7: Proyecto geotécnico. Parte 1: Reglas generales*

EN 1997-2 *Eurocódigo 7: Proyecto geotécnico. Parte 2: Proyecto asistido por ensayos de laboratorio.*

ISO 22476-3 *Investigación y ensayos geotécnicos. Ensayos de campo. Parte 3: Ensayo de penetración estándar.*

ISO 14688-1 *Ingeniería geotécnica. Identificación y clasificación de suelos. Parte 1: Identificación y descripción.*

ISO 14689-1 *Investigación y ensayos geotécnicos. Identificación y clasificación de rocas. Parte 1: Identificación y descripción.*

ISO 3551-1 *Equipo de perforación de corona de diamante. Sistema A. Parte 1: Unidades métricas.*

ISO 3552-1 *Equipo de perforación de corona de diamante. Sistema B. Parte 1: Unidades métricas.*

*GUM: Guía para la expresión de incertidumbres en las medidas, BIPM/IEC/IFCC/ISO/OIML/IUPAC/IUPAP.*

ISO 10097-1 *Equipo de perforación de núcleo de diamante. Sistema A. Parte 1: Unidades métricas.*

## 3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones incluidos en las Normas EN 1997-1, EN 1997-2, ISO 14688-1 e ISO 14689-1 además de los siguientes:

NOTA Se pueden encontrar términos y definiciones adicionales en los libros y en la literatura recogida en la bibliografía.

### 3.1 Métodos de investigación del emplazamiento

#### 3.1.1 cata:

Excavación abierta construida para examinar las condiciones del terreno *in situ*, toma de muestras o llevar a cabo ensayos de campo.

#### 3.1.2 pozo:

Excavación abierta vertical o considerablemente inclinada, normalmente mayor de 5 m de profundidad, construida para examinar las condiciones del terreno *in situ*, toma de muestras o llevar a cabo ensayos de campo.

#### 3.1.3 galería de exploración:

Túnel pequeño construido horizontalmente o con una pequeña inclinación desde un pozo o en una ladera para examinar las condiciones del terreno *in situ*, toma de muestras o llevar a cabo ensayos de campo.

#### 3.1.4 sondeo:

Agujero de cualquier diámetro o longitud predeterminados hecho mediante perforación en cualquier formación geológica o material antrópico.

NOTA Las investigaciones realizadas en tales agujeros pueden ser para tomar muestras de roca, suelo o agua de una profundidad especificada o para llevar a cabo ensayos *in situ* y medidas.

**3.1.5 perforación:**

Proceso mediante el cual se realiza un sondeo en cualquier formación geológica por métodos de rotación, roto-percusión, percusión o empuje y en cualquier dirección predeterminada con respecto del equipo de sondeo.

**3.1.6 perforación de pequeño diámetro:**

Perforación en el suelo con un diámetro mayor de 30 mm pero menor de 80 mm.

**3.1.7 método de perforación:**

Técnica empleada para realizar y estabilizar el sondeo.

**3.2 Equipos y accesorios de perforación****3.2.1 herramienta de perforación:**

Dispositivo acoplado o que forma una parte integral del varillaje de perforación, usado como una herramienta de corte para penetrar la formación geológica.

**3.2.2 corona:**

Dispositivo acoplado o que forma una parte integral del varillaje de perforación, usado como una herramienta de corte para penetrar en la formación perforada por el método de perforación empleado.

**3.2.3 equipo de perforación:**

Dispositivo que realiza la perforación.

**3.2.4 revestimiento:**

Tubo introducido temporal o permanentemente en un sondeo.

NOTA El revestimiento se usa, por ejemplo, para estabilizar el sondeo, prevenir la pérdida del fluido de perforación a la formación adyacente, o para prevenir el flujo entre dos niveles freáticos diferentes.

**3.2.5 fluido de perforación:**

Fluido líquido o gaseoso que se usa para mover los detritus y/o muestras y para lubricar y enfriar la herramienta de perforación desde el sondeo.

**3.2.6 aditivo al fluido de perforación:**

Sustancia que se añade al fluido de perforación para afectar o cambiar sus propiedades a fin de mejorar su funcionamiento.

**3.2.7 levanta-testigo (anillo para retener el testigo):**

Anillo cónico de acero partido, internamente ranurado o dentado, muelles flexibles, con forma de bisagra o bisagras montadas en un anillo portador, para retener el testigo mientras el saca-testigos se levanta del sondeo.

**3.2.8 cilindro para retener muestras:**

Retenedor cilíndrico equipado con anillo levanta-testigo; se monta en el extremo más bajo del tubo de muestras y se usa para alojar la muestra en el tubo mientras el retenedor se saca del suelo.

**3.3 Muestreo****3.3.1 muestreo mediante perforación; muestreo continuo:**

Proceso mediante el cual se obtienen muestras con las herramientas de perforación mientras se realiza el sondeo.

NOTA El proceso de perforación se diseña para obtener muestras completas de la longitud del sondeo. Las herramientas de perforación se usan como toma-muestras.

**3.3.2 muestreo usando toma-muestras:**

Proceso mediante el cual se obtienen muestras con toma-muestras en catas, túneles, pozos o sondeos en posiciones seleccionadas.

**3.3.3 toma de muestras en perforaciones de diámetro pequeño:**

Muestreo perforando en suelos, usando herramientas de perforación con un diámetro mayor de 30 mm pero menor de 80 mm.

**3.3.4 muestra:**

Cantidad definida de roca, suelo o agua obtenida a una profundidad registrada.

**3.3.5 testigo:**

Muestra cilíndrica de suelo o roca obtenida de un sondeo de una profundidad registrada.

**3.3.6 bloque:**

Muestra de suelo o roca cortada con técnicas especiales.

**3.3.7 detrito de perforación:**

Partículas de formaciones geológicas formadas en el sondeo mediante la acción de corte de las herramientas de perforación.

**3.3.8 materia suspendida:**

Material de suelo erosionado en el fluido de perforación generado en la perforación, en el cual el tamaño de las partículas no se puede reconocer a simple vista.

**3.3.9 longitud de penetración del toma-muestras:**

Longitud de perforación del toma-muestras entre el principio y el fin de la retirada de la muestra.

**3.3.10 pérdida de testigo:**

Diferencia entre la longitud de penetración del toma-muestras y la longitud de testigo recuperada.

**3.3.11 relación de áreas,  $C_a$ :**

Relación entre el área de suelo desplazada por el tubo toma-muestras en proporción con el área de la muestra.

$$C_a = \frac{D_2^2 - D_1^2}{D_1^2} \times 100$$

Véase la figura 1.

NOTA 1 La relación de áreas se expresa en porcentaje.

NOTA 2 Éste es uno de los factores que determina la alteración mecánica del suelo.

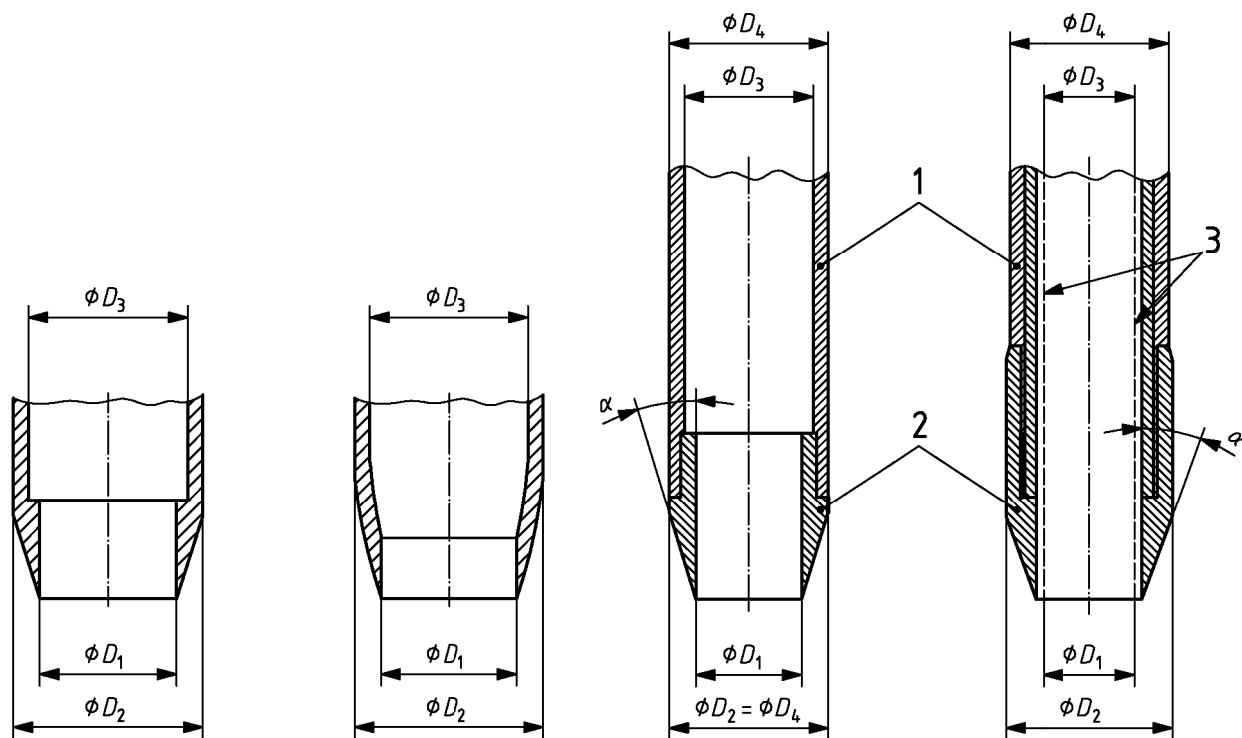
**3.3.12 relación entre los diámetros internos del toma-muestras,  $C_i$ :**

$$C_i = \frac{D_3 - D_1}{D_1} \times 100$$

Véase la figura 1.

NOTA 1 La relación de espacio interior se expresa en porcentaje.

NOTA 2 Éste es uno de los factores que determina la alteración mecánica de la muestra causada por el rozamiento en la pared interior del tubo toma-muestras o del revestimiento interior.



## Leyenda

$D_1$  Diámetro interior de la zapata de corte

$D_2$  Diámetro exterior mayor de la zapata de corte

$D_3$  Diámetro interior del tubo toma-muestras o revestimiento

$D_4$  Diámetro exterior del tubo toma-muestras

$\alpha$  Ángulo de conicidad

1 Tubo toma-muestras

2 Zapata de corte

3 Revestimiento (opcional)

**Figura 1 – Definiciones de los diámetros  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  y  $D_4$**

### 3.3.13 relación de espacio exterior, $C_o$ :

$$C_o = \frac{D_2 - D_4}{D_4} \times 100$$

Véase la figura 1.

NOTA La relación de espacio exterior se expresa en porcentaje.

### 3.3.14 Términos del estado de fracturación

#### 3.3.14.1 recuperación de testigo total en roca, TCR:

Longitud total de la muestra recuperada (sólida y no-intacta), expresada como porcentaje de la longitud del toma-muestras.

Véase la figura 2.

**3.3.14.2 índice de la calidad de la roca, RQD:**

Suma de la longitud de todas las piezas de la muestra con al menos un diámetro completo que tiene una longitud de al menos 100 mm o mayores entre fracturas naturales, medida a lo largo de la línea central de la muestra, expresada como un porcentaje de la longitud de la longitud de penetración del toma-muestras.

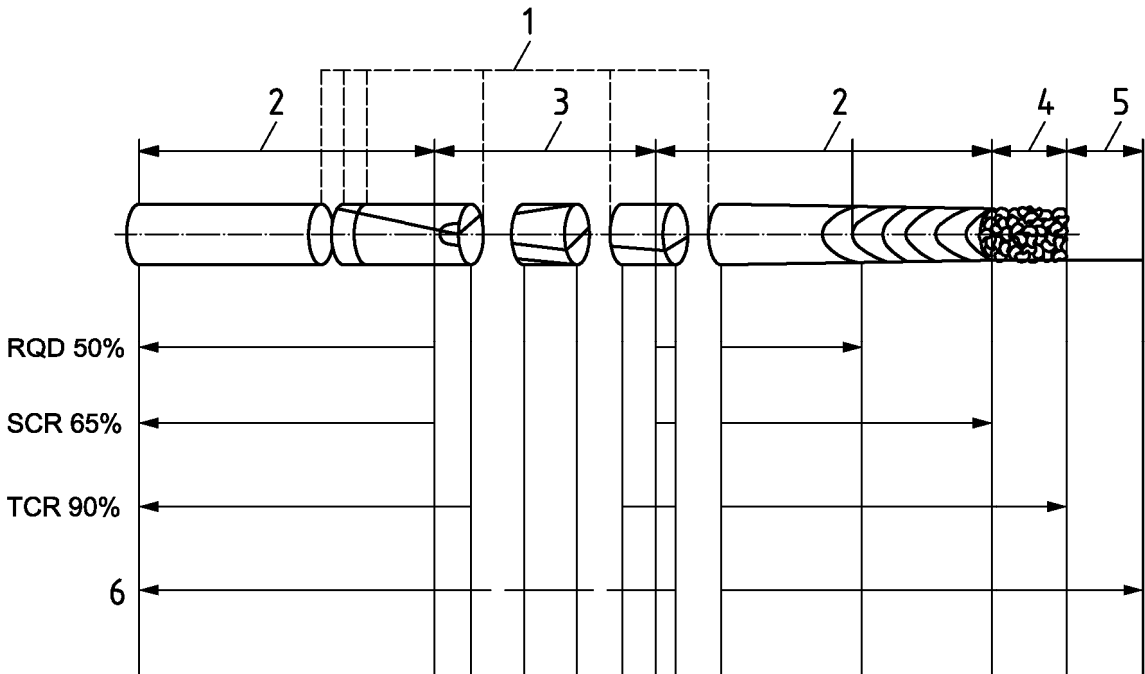
Véase la figura 2.

**3.3.14.3 recuperación de testigo sólido, SCR:**

Longitud de la muestra recuperada como cilindros sólidos, expresada como un porcentaje de la longitud de la longitud de penetración del toma-muestras.

Véase la figura 2.

NOTA Una muestra sólida tiene un diámetro completo, ininterrumpido por discontinuidades naturales, pero no necesariamente una circunferencia completa, y comúnmente se mide a lo largo del eje de la muestra u otra línea de exploración.



NOTA Todas las facciones mostradas son discontinuidades naturales a menos que se indique otra cosa.

**Leyenda**

- 1 Fracturas producidas por la perforación
- 2 Al menos un diámetro completo
- 3 Ningún diámetro completo
- 4 No intacto
- 5 Sin recuperación
- 6 Longitud de penetración de la muestra

**Descripción del estado de fracturación de las muestras de roca**

- RQD Índice de calidad de la roca
- SCR Recuperación de testigo sólido
- TCR Recuperación de testigo total en roca

**Figura 2 – Aplicación de los términos del estado de fracturación para muestras de roca**

**3.3.15 relación de recuperación de muestra en suelo, TC:**

Relación entre la longitud de la muestra,  $l_g$ , y la longitud de penetración del toma-muestras,  $H$ .

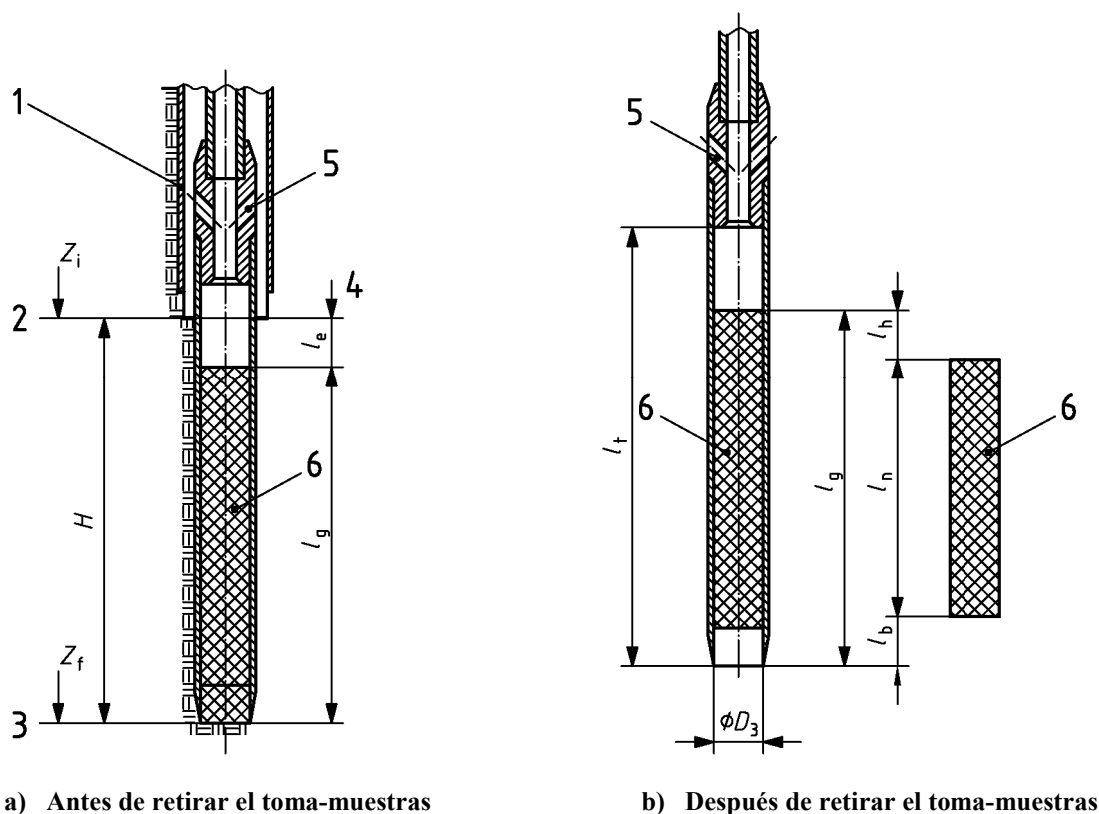
Véase la figura 3.



### 3.3.16 relación de recuperación de muestra neta, IC:

Relación entre la longitud neta de la muestra,  $l_n$ , y la longitud de penetración de toma-muestras,  $H$ .

Véase la figura 3.



a) Antes de retirar el toma-muestras

b) Después de retirar el toma-muestras

#### Leyenda

- 1 Camisa o revestimiento
- 2 Principio de la muestra o testigo
- 3 Final de la muestra
- 4 Fondo del sondeo preperforado
- 5 Orificio de ventilación
- 6 Muestra
- $D_3$  Diámetro interior del tubo toma-muestras o revestimiento
- $H$  Longitud de penetración de la muestra
- $Z_f$  Profundidad, bajo el nivel natural del terreno, del extremo inferior del toma-muestras después de tomar la muestra y antes de retirar la muestra
- $Z_i$  Profundidad, bajo el nivel natural del terreno, de la base del sondeo antes de tomar la muestra y antes del principio de la siguiente hincada de penetración del toma-muestras

- $l_b$  Longitud de la parte más baja de la muestra, la cual se ha remoldeado o perdido
- $l_e$  Diferencia entre la longitud de penetración de la muestra y la longitud real de la muestra
- $l_g$  Longitud total de la muestra después de retirar el toma-muestras, medida desde la parte superior de la muestra hasta el filo del corte, incluyendo las partes remoldeadas o perdidas en ambos extremos de la muestra
- $l_h$  Longitud total de la parte superior de la muestra remoldeada o contaminada
- $l_n$  Longitud neta de la muestra, antes de su acondicionamiento
- $l_t$  Longitud efectiva (útil) del tubo toma-muestras

**Figura 3 – Longitudes de penetración del toma-muestras y las muestras**

### 3.3.17 toma-muestras de pared delgada:

Toma-muestras de suelo con una relación de área baja, un ángulo de conicidad bajo y un filo delgado.

### 3.3.18 toma-muestras de pared gruesa:

Toma-muestras de suelo que tiene una relación de área, un ángulo de conicidad y/o un filo mayor que el del toma-muestras de pared delgada.

### **3.4 Medidas del agua subterránea**

#### **3.4.1 altura piezométrica:**

Suma de la altura presión en cabeza y de la cota.

#### **3.4.2 superficie del agua subterránea:**

Superficie límite superior del agua freática o subterránea.

#### **3.4.3 acuífero:**

Cuerpo de roca permeable o masa de suelo adecuado para contener o transmitir agua subterránea.

#### **3.4.4 acuitardo:**

Capa confinada que retrasa, pero no impide, el flujo de agua de o hacia un acuífero adyacente.

#### **3.4.5 acuicluso:**

Masa de suelo o roca con transmisividad extremadamente baja, la cual previene efectivamente del flujo de agua a través del terreno.

#### **3.4.6 acuífero confinado:**

Acuífero que está limitado arriba y abajo por acuiclusos.

#### **3.4.7 acuífero sin confinar:**

Acuífero en el que la superficie del agua subterránea forma el límite superior.

#### **3.4.8 presión intersticial:**

Presión del fluido que llena los huecos de una masa de suelo o roca.

#### **3.4.9 permeabilidad:**

Capacidad del suelo o roca para transmitir el agua.

#### **3.4.10 filtro:**

Sección permeable de un piezómetro que contiene suelo.

#### **3.4.11 paquete filtrante:**

Relleno permeable alrededor del filtro y el suelo contenido.

#### **3.4.12 área de filtro abierta:**

Porcentaje de abertura de la superficie del filtro.

#### **3.4.13 medida del agua subterránea:**

Medida de la superficie del agua subterránea o de la presión intersticial.

#### **3.4.14 estación de medida del agua subterránea:**

Lugar donde se instala el equipo de medida del agua subterránea o donde se realiza la medida del agua subterránea.

#### **3.4.15 fluctuaciones del agua subterránea:**

Variaciones de la superficie del nivel de agua subterránea y/o la presión intersticial.

#### **3.4.16 presión del agua subterránea:**

La presión en los poros, huecos y fisuras en el terreno en un cierto punto y un cierto tiempo.

**3.4.17 piezómetro:**

Equipo para la determinación del agua subterránea o nivel piezométrico, incluyendo tanto el sistema abierto como el cerrado.

**3.4.18 sistema abierto:**

Sistema de medida en el cual el agua subterránea está en contacto directo con la atmósfera y en el cual se mide la superficie del agua subterránea al nivel del filtro.

**3.4.19 sistema cerrado:**

Sistema de medida en el cual el agua subterránea no está en contacto directo con la atmósfera y en el cual la presión intersticial en el nivel del filtro se mide hidráulica, neumática o eléctricamente.

**3.4.20 sistema hidráulico:**

Sistema cerrado en el cual la presión del agua en la punta filtrante se transmite a una unidad de medida en o cerca de la superficie del terreno a través de un tubo de presión relleno con líquido.

**3.4.21 sistema neumático:**

Sistema cerrado en el cual la presión del agua actúa en una membrana localizada detrás del filtro de la punta filtrante y la cual se calibra mediante una presión de gas en el reverso de la membrana por un tubo de presión desde la superficie del terreno.

**3.4.22 sistema eléctrico:**

Sistema cerrado en el cual la presión del agua actúa en una membrana localizada detrás del filtro de la punta filtrante y donde la presión del agua se convierte en una señal eléctrica.

**3.4.23 sistema de toma de datos:**

Sistema de transductor eléctrico en el que el transductor se puede añadir y quitar de la punta filtrante instalada en el terreno.

**3.4.24 punta filtrante:**

Puntas para piezómetros provistas con un filtro para evitar que las partículas de suelo entren en el equipo.

**3.4.25 filtro de entrada de aire:**

Filtro con poros pequeños que ofrecen una resistencia alta a la entrada de aire cuando está saturado de agua.

**3.4.26 intervalo de tiempo:**

Lapso de tiempo entre un cambio en la presión intersticial del terreno y su medida total por el sistema de medida.

**4 EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y EQUIPOS AUXILIARES****4.1 Generalidades**

El equipo de perforación y muestreo seleccionado debe ser del tamaño y tipo apropiados para asegurar la calidad requerida.

Si se aplica, el equipo de perforación y muestreo debe estar de acuerdo con las Normas ISO 3351-1, ISO 3352-1 e ISO 10097-1.

**4.2 Requisitos para las máquinas y accesorios de perforación**

Se deben seleccionar las máquinas de perforación con la estabilidad, potencia y equipos como varillaje, revestimiento, saca-testigos y coronas adecuados para que la muestra y ensayos de penetración requeridos se puedan realizar a la profundidad del sondeo y con el tipo de muestreo previstos.

NOTA En el anexo C se da una selección de equipos que se usan normalmente.

### 4.3 Lista de actividades

El equipo de perforación y muestreo debe permitir que se ajusten con precisión todas las funciones de perforación. Cuando se especifique, se deberían medir los siguientes parámetros de perforación y registrarlos en función de la profundidad:

- par de rotación de la cabeza de perforación (Nm);
- velocidad de rotación de la cabeza de perforación ( $\text{min}^{-1}$ );
- fuerza de empuje y de tiro (kN);
- velocidad de penetración (m/min);
- profundidad de los intervalos de golpeo (on/off);
- profundidad topográfica (m);
- acimut e inclinación en perforaciones inclinadas (grados);
- longitud de perforación en perforaciones inclinadas (m);
- presión del fluido a la salida de la bomba (kPa);
- velocidad de circulación del fluido (entrada) (l/min);
- velocidad de recuperación del fluido (l/min).

## 5 REQUISITOS GENERALES ANTES DE LA TOMA DE MUESTRAS Y MEDIDAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA

### 5.1 Generalidades

Primero se deben especificar el tipo y el alcance de la recuperación de muestras y medidas del agua subterránea de acuerdo con el objetivo del proyecto, las condiciones geológicas e hidrogeológicas y los ensayos de campo y laboratorio previstos (véase la Norma EN 1997-2).

### 5.2 Elección de las técnicas y métodos

**5.2.1** Se deben seleccionar las técnicas y métodos de muestreo y medida de agua subterránea de acuerdo con el objetivo de las investigaciones en relación con las condiciones geológicas e hidrogeológicas esperadas.

**5.2.2** Se deben seleccionar las técnicas de muestreo y los procedimientos de transporte y almacenamiento basándose en los requisitos de:

- clase de calidad de la muestra de acuerdo con la Norma EN 1997-2;
- masa de la muestra, y
- diámetro de la muestra,

dependiendo del tipo de ensayos de laboratorio a realizar.

**5.2.3** Se debe elegir una categoría específica de muestreo para alcanzar la clase de calidad de la muestra de acuerdo con la Norma EN 1997-2 (véase 6.2).

**5.2.4** Se pueden esperar diferentes alteraciones en la muestra cuando se usen métodos de muestreo diferentes. La clase de calidad de una muestra tomada con el mismo toma-muestras puede variar dependiendo de, por ejemplo, el tipo de suelo a ensayar, la presencia de agua subterránea y las operaciones de muestreo. Los métodos de perforación y muestreo pueden generar las siguientes alteraciones en la muestra:

- alteraciones mecánicas de la muestra debido a la compresión, corte, lavado o vibración durante la perforación o excavación;
- alteraciones de la muestra debido a la relajación de las tensiones *in situ* y rebotes relacionados;
- cambios en el material y en los constituyentes químicos como el contenido de agua y gases.

**5.2.5** El diámetro de la muestra para suelos que contienen partículas grandes debería elegirse con respecto al tamaño de la partícula más grande del material de muestra.

**5.2.6** Si la investigación se hace bajo la superficie del agua subterránea o a profundidades mayores, se requiere que el sondeo sea estable o se estabilice.

**5.2.7** Las catas, galerías de exploración y los pozos ofrecen la posibilidad de investigar el terreno a gran escala para, por ejemplo, obtener la información en la composición, secuencia, estructura y orientación de los estratos y posible superficie de la roca. Sin rebajar el nivel freático, la profundidad se limita a menudo a profundidades pequeñas sobre la superficie del agua subterránea. Se pueden tomar muestras grandes para analizar el contenido de roca, capacidad portante, compactibilidad y permeabilidad. Al mismo tiempo, se podría evaluar la excavabilidad y realizar un reportaje fotográfico.

### **5.3 Requisitos para los sitios y puntos de investigación del terreno**

**5.3.1** Se deberían señalar los puntos de investigación en el terreno antes de que comience el proceso de investigación. Se debería investigar su localización y elevación y anotarla en un plano del emplazamiento al acabar la investigación.

**5.3.2** Se deben comprobar los sitios de investigación con respecto a peligros importantes, servicios subterráneos e imprevistos, bombas sin explotar y, si es necesario, se deben tomar acciones adecuadas. Los puntos de investigación en suelos contaminados se deben tratar con procedimientos especiales.

**5.3.3** Las catas se deberían situar fuera del área de cimentación prevista pues la excavación puede aflojar el suelo. Debería haber una distancia entre el muro de excavación más cercano y el borde de la cimentación prevista para permitir la inspección, muestreo y ensayo de al menos 0,5 m más la mitad de la profundidad de excavación por debajo del nivel de cimentación.

**5.3.4** Las catas (con o sin acceso), galerías de exploración y pozos se deben construir de acuerdo con las normativas nacionales o internacionales apropiadas y las normas de seguridad nacionales. Deben ser lo suficientemente grandes como para permitir que se realicen *in situ* la inspección, el muestreo y los ensayos. Cuando sea necesario, se deben proteger de los efectos de la alteración y meteorización.

**5.3.5** Si hay evidencias visuales o fotográficas del estrato de suelo, se deben realizar toma de muestras y ensayos *in situ* y esto se debe hacer inmediatamente después de la excavación.

**5.3.6** Se debe considerar el impacto ambiental de la perforación y toma de muestras. Se deben aplicar medidas especiales en las áreas de suministro de agua.

#### 5.4 Información preliminar necesaria antes de la toma de muestras y medidas del agua subterránea

Al menos debería estar disponible la siguiente información preliminar en el emplazamiento antes del comienzo de la toma de muestra y/o medidas del agua subterránea (véase por ejemplo el anexo A):

- a) objetivo del muestreo y de las medidas del agua subterránea;
- b) localización de los sondeos planeados o excavaciones o medidas del agua subterránea;
- c) orientación, inclinación y desviaciones aceptables en los sondeos;
- d) requisitos de investigación y condiciones geológicas e hidrogeológicas esperadas;
- e) precisión requerida y medidas de incertidumbre de acuerdo con la *Guía para la expresión de incertidumbres en las medidas*;
- f) frecuencia de medidas;
- g) riesgos ambientales y de seguridad asociados con, por ejemplo, el fluido o suspensiones que se pretenden utilizar así como la normativa para su uso;
- h) posibles riesgos, por ejemplo, servicios subterráneos y aéreos, tráfico, bombas imprevistas y sin explotar, contaminación;
- i) identificación y profundidades previstas de los sondeos y/o excavaciones;
- j) método de muestreo y categoría de muestreo prevista;
- k) requisitos en la numeración de sondeos, excavaciones o muestras;
- l) manejo, almacenamiento y transporte de muestras previsto;
- m) ensayos *in situ* previstos;
- n) método para finalizar la perforación o excavación y restablecimiento del emplazamiento (relleno o inyecciones);
- o) cuidado ambiental;
- p) dispositivos de emergencia;
- q) nombre de la persona de contacto;
- r) el flujo de información planeado.

#### 5.5 Relleno y abandono del emplazamiento

**5.5.1** Cuando se termina la toma de muestras es de mayor importancia que el emplazamiento se restablezca y no se deje ningún obstáculo que pudiera ser un peligro potencial para el público, el medio o los animales. El relleno se debe realizar de acuerdo no las normativas nacionales, requisitos técnicos o de las autoridades, y considerar el estrato, la contaminación del terreno y su capacidad portante.

**5.5.2** Se debe vallar o tapar temporalmente cada sondeo y excavación de un modo seguro hasta que se tapen o rellenen definitivamente.

**5.5.3** A menos que se requiera mantener un sondeo abierto para algún fin específico, éste se debería rellenar, consolidar y tapar de modo que no haya ninguna depresión subsiguiente a un nivel de terreno debido a un asiento del material de relleno.

**5.5.4** Los sondeos se deben rellenar con material de igual o menor permeabilidad que la del terreno de alrededor, por ejemplo, para evitar la contaminación y la comunicación entre acuíferos. Si se usa lechada mezclada, se debería colocar por medio de un tubo tremie bajado a la base del sondeo. El tubo tremie debe levantarse despacio a medida que se va colocando la lechada. Si hay alguna influencia de proyectos futuros, se deberían adelantar primeramente los requisitos técnicos específicos de relleno, por ejemplo, para proyectos de túneles. No se deben producir huecos durante la colocación del material de relleno en el sondeo.

**5.5.5** El emplazamiento se debería dejar limpio seguro y ordenado.

## **5.6 Requisitos de seguridad y especiales**

**5.6.1** Con respecto a la seguridad de las prácticas de trabajo, se deben aplicar las normas nacionales, especificaciones o requisitos legales correspondientes para la ejecución de los sondeos, catas, galerías de exploración y pozos, siempre que no estén disponibles las normas internacionales.

Los equipos de perforación deben cumplir con las Normas EN 791 y EN 996.

**5.6.2** De acuerdo con la alteración y protección ambiental, para cada situación particular y siempre que no estén disponibles las normas internacionales, se deben aplicar los requisitos nacionales o locales.

## **6 MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRAS DE SUELOS**

### **6.1 Aspectos generales**

**6.1.1** Las técnicas para obtener muestras de suelo se pueden dividir generalmente en los siguientes grupos:

- a) toma de muestras por perforación con muestra continua;
- b) toma de muestras usando toma-muestras;
- c) toma de muestras en bloques.

**6.1.2** Son posibles las combinaciones de estos métodos de muestreo y a veces requeridas debido a las condiciones geológicas y el fin de la investigación.

### **6.2 Categorías de los métodos de toma de muestras de suelo**

**6.2.1** Hay tres categorías A, B y C de métodos de toma de muestras. Para unas condiciones de terreno dadas, están relacionadas con la mejor clase cualitativa de laboratorio de la muestra de suelo (definida en la Norma EN 1997-2) tal y como se muestra en la columna 9 de las tablas 1 y 2:

- categoría A de métodos de toma de muestras: se pueden obtener muestras de las clases cualitativas 1 a 5;
- categoría B de métodos de toma de muestras: se pueden obtener muestras de las clases cualitativas 3 a 5;
- categoría C de métodos de toma de muestras: sólo se pueden obtener muestras de la clase cualitativa 5.

**6.2.2** Las muestras de clase cualitativa 1 y 2 solamente se pueden obtener usando los métodos de muestreo de categoría A. La intención es obtener muestras en las cuales o no se han producido alteraciones o son muy pequeñas las alteraciones producidas en la estructura del suelo durante el procedimiento de muestreo o durante el manejo de las muestras. El contenido de agua y el índice de poros del suelo se corresponden al mismo *in situ*. No hay cambios en los constituyentes o en la composición química del suelo. Algunas circunstancias imprevistas, como la variación del estrato geológico, pueden llevar a obtener muestras de clases cualitativas inferiores.

**6.2.3** Usar los métodos toma de muestras de categoría B podría excluir alcanzar muestras de clase cualitativa mejores que 3. El propósito es obtener muestras que contengan todos los constituyentes del suelo *in situ* en sus proporciones originales y que el suelo haya retenido su contenido de agua original. La disposición general de las diferentes capas o componentes del suelo se pueden identificar. La estructura del suelo se ha alterado. Algunas circunstancias imprevistas, como la variación del estrato geológico, pueden llevar a obtener muestras de clases cualitativas inferiores.

**6.2.4** Usar los métodos de toma de muestras de categoría C podría excluir alcanzar muestras de clase cualitativa mejores que 5. La estructura del suelo en la muestra ha cambiado totalmente. La disposición general de todas las capas de suelo o componentes ha cambiado de modo que las capas *in situ* no se pueden identificar con precisión. El contenido de agua de la muestra puede no representar el contenido natural de agua de la capa de suelo.

**Tabla 1 – Clases cualitativas de las muestras de suelo para ensayos de laboratorio y categorías de muestreo a usar**

Clases cualitativas de las muestras de suelo para ensayos de laboratorio	1	2	3	4	5
Categorías de muestreo	A				
			B		
					C

### 6.3 Toma de muestras por perforación con muestra continua

#### 6.3.1 Aspectos generales

##### 6.3.1.1 Estos métodos de muestreo permiten

- la identificación y descripción del suelo en el emplazamiento perforado por el sondeo;
- la diferenciación de las distintas capas de suelo y cambios del material del suelo;
- la toma de muestras así como la investigación y ensayo de muestras de todos los estratos y profundidades.

NOTA Normalmente, el muestreo continuo, junto con un método de muestreo de acuerdo con la categoría A (véase la tabla 2) dan la información más valiosa de las condiciones del terreno de todos los métodos de investigación del terreno mediante sondeos. La toma de muestra en sondeos es, por tanto, el método de muestreo preferido en suelos con capas heterogéneas.

**6.3.1.2** Los métodos de perforación y los equipos se deben seleccionar en función de la categoría de muestreo requerida (véanse las tablas 2 y 4), los ensayos y/o las medidas del agua subterránea a realizar en el sondeo.

**6.3.1.3** Se deben estabilizar los sondeos, normalmente con entubación, para evitar el colapso del sondeo al ir avanzando la perforación.

**6.3.1.4** Cuando se perfora bajo la superficie del agua subterránea, se deben seleccionar los diámetros de la entubación del sondeo y herramientas y el nivel de agua en el tubo para impedir que entre suelo en la tubería. Para prevenir que la perforación y el lavado de las herramientas provoquen un fallo hidráulico en el suelo, se deben elegir con espacio anular suficiente y extraerse lentamente. Se debe mantener en el sondeo una presión de agua adecuada.

#### 6.3.2 Toma de muestras mediante perforación a rotación

##### 6.3.2.1 Toma de muestras mediante perforación a rotación en seco



**6.3.2.1.1** En la toma de muestras mediante perforación a rotación en seco, la perforadora hace rotar y penetrar el suelo, por medio del varillaje de perforación, a un sistema de tubos con una zapata de corte en su extremo inferior. Esta acción introduce un testigo dentro del sistema de tubos. La herramienta toma-muestras puede ser de tubo simple con un diámetro de perforación preferiblemente de 100 mm a 200 mm o una barrena hueca con un diámetro de perforación preferiblemente de 100 mm a 300 mm. No se utiliza ningún fluido en la perforación.

**6.3.2.1.2** Esta técnica se usa para arcillas, limos y arenas finas. Si se utiliza como herramienta toma-muestras una barrena hueca, este método también es adecuado para arenas medias y gruesas y para suelos orgánicos. La toma de muestra mediante perforación a rotación en seco no es adecuada para tomar muestras en gravas gruesas, bolos y rocas fragmentadas.

### **6.3.2.2 Toma de muestras mediante perforación a rotación**

**6.3.2.2.1** En la toma de muestras mediante perforación a rotación, la perforadora hace rotar y penetrar el suelo, por medio del varillaje de perforación, a un sistema de tubos con una zapata de corte en su extremo inferior. Esta acción introduce un testigo dentro del sistema de tubos. La herramienta toma-muestras puede ser de tubo simple, doble o triple. El diámetro de perforación es, preferiblemente, de 100 mm a 200 mm. Se utiliza fluido en la perforación.

**6.3.2.2.2** El toma-muestras de tubo simple está formado por un tubo toma-muestras con una corona en su parte inferior y una cabeza que se acopla a las barras de perforación en su parte superior. Se puede colocar un levanta-testigos entre la corona y el tubo toma-muestras o directamente en la corona. El fluido de perforación pasa entre el interior del toma-muestras y el testigo de suelo recuperado, lavando continuamente la longitud del testigo recuperado.

**6.3.2.2.3** El toma-muestras de tubo doble está formado por dos tubos concéntricos y un cojinete en cabeza que permite al tubo interior permanecer quieto mientras que el tubo exterior se rota con el varillaje de perforación. Normalmente se coloca un levanta-testigos entre la corona y el tubo interior. El fluido de perforación pasa a través del espacio anular entre el tubo interior y el exterior protegiendo así al testigo recuperado de cualquier daño. Opcionalmente al toma-muestras de tubo doble se le puede colocar una camisa de plástico adicional dentro del tubo interior. Cuando se coloca dicha camisa, se deben sustituir la corona y el levanta-testigos convencionales por otros con una reducción del calibre interior. Esta camisa de plástico ayuda a la mejora de la recuperación de testigo en cierto tipo de suelos, alojando y protegiendo la muestra durante su transporte. El toma-muestras de tubo doble se puede completar con una extensión del tubo interior justo delante de la corona para así usarlo en suelos muy blandos.

**6.3.2.2.4** El toma-muestras de tubo triple es similar en construcción al de tubo doble pero que tiene un tercer tubo dentro del tubo interior estándar. Normalmente, este tercer tubo es un tubo de pared delgada de acero partido longitudinalmente por la mitad, de modo que cuando éste se extrae del tubo interior, la mitad superior se puede quitar para ver el testigo. En algunos casos, el tubo partido interior se puede sustituir por una camisa de plástico. Al toma-muestras de tubo triple se le puede también añadir una extensión en el tubo interior justo delante de la corona para así usarlo en suelos muy blandos.

**6.3.2.2.5** Normalmente, la toma de muestras mediante la perforación a rotación es adecuada para arcillas, suelos cementados y rocas; no es adecuada para ningún suelo no cohesivo.

**6.3.2.2.6** Después de extraer el saca-testigos a la superficie, se debe manejar el testigo recuperado de forma que mantenga en todo lo posible su estado natural. La extracción se debe hacer horizontalmente y en la misma dirección en la que entró al toma-muestras.

### **6.3.2.3 Toma de muestras mediante perforación con hélice**

**6.3.2.3.1** En la toma de muestras mediante perforación con hélice, se introduce en el terreno una barrena compuesta por una aleta espiral, rodeando a un vástago sólido con una cabeza de corte. Se pueden usar dos métodos de muestreo:

- método de muestreo continuo;
- método de muestreo no-continuo.

Tabla 2 – Toma de muestras mediante perforación en suelos

Columna	1	2	3	4	5	6
Línea	Método de perforación				Equipo	
	Técnica de corte de suelo <sup>b</sup>	Uso de fluido de perforación	Extracción de la muestra mediante	Designación	Herramienta	Valores orientativos del rango del diámetro del sondeo mm
1	Perforación a rotación	No	Herramienta de perforación	Perforación a rotación en seco <sup>c</sup>	Toma-muestras de tubo simple	100 a 200
					Barrena hueca	100 a 300
2		Sí	Herramienta de perforación	Perforación a rotación	Toma-muestras de tubo simple	100 a 200
					Toma-muestras de tubo doble <sup>a</sup>	
					Toma-muestras de tubo triple <sup>a</sup>	
3		Sí	Herramienta de perforación	Perforación a rotación	Toma-muestras de tubo doble o triple con tubo interior ampliado	100 a 200
4	Avance con martillo	No	Herramienta de perforación	Perforación con hélice	Varillaje de perforación con calador o barrena continua con eje central hueco	100 a 2 000
5		Sí	Flujo inverso del fluido de perforación	Perforación con circulación inversa	Varillaje con trépano hueco	150 a 1 300
6		No	Herramienta de perforación	Perforación con hélice y equipo ligero	Calador o barrena continua	40 a 80
7	Rotación y martillo	No	Herramienta de perforación	Perforación a percusión del testigo	Cortador de arcilla a percusión con filos de corte en el interior; también con revestimiento (o hélice con tubo central hueco) <sup>b</sup>	80 a 200
8		No	Herramienta de perforación	Perforación a percusión	Cortador de arcilla a percusión con el filo de corte en el exterior <sup>b</sup>	150 a 300
9		No	Herramienta de perforación	Avance con martillo de pequeño diámetro	Conexión de avance con martillo con tubo toma-muestras	30 a 80
10	Perforación vibratoria con una rotación lenta opcional	No (sólo para revestimiento rebajado)	Herramienta de perforación	Perforación a rotopercusión	Toma-muestras de tubo simple o doble	100 a 200
11	Percusión	No	Herramienta de perforación	Perforación a percusión con cable	Toma-muestras de pared gruesa o toma-muestras de tubo simple con un tubo de camisa interior plástica opcional	80 a 200
12					Cable con calador a percusión	150 a 500
13	Empuje neumático continuo	No	Herramienta de perforación	Perforación a empuje neumático/ continuo de pequeño diámetro	Cable con barrena con válvula	100 a 1 000
14					Conexión de empuje neumática/ continua con tubo toma-muestras	30 a 80
15	Por agarre	No	Herramienta de perforación	Perforación por agarre	Cable con agarre	400 a 1 500

<sup>a</sup> Toma-muestras convencional o de cable.

<sup>b</sup> Usando la técnica de avance con martillo, el varillaje de perforación avanza con una herramienta especial. Usando la técnica de percusión, el varillaje de perforación avanza por el repetido proceso de levantarlo y dejarlo caer.

<sup>c</sup> Normalmente se usa la perforación a rotación si la observación de la superficie del agua subterránea es el objetivo más importante de la investigación del terreno.

7	8	9	10	11	Columna
Guía de aplicación y limitación <sup>d</sup>		Categorías de muestreo alcanzables <sup>e</sup>	Clases cualitativas alcanzables <sup>e</sup>	Observaciones	Línea
No adecuado para <sup>d</sup>	Método preferido para <sup>d</sup>				
Grava gruesa, bolos y rocas	Arcillas, limos y arenas finas	B (A)	4 (2-3)	Buen interior y el exterior secado	1
	Arcillas, limos, arenas y suelos orgánicos	B (A)	3 (1-2)	—	
Suelos no cohesivos	Arcillas, suelos arcillosos y cementados, rocas	B (A)	4 (2-3)	—	2
		B (A)	3 (1-2)		
		A	1		
Grava, bolos y rocas	Arcillas, limos	A	2 (1)	—	3
Rocas mayores de $D_e/3$	Todos los suelos sobre el nivel freático y todos los suelos cohesivos bajo el nivel freático	B	4 (3)	—	4
—	todos los suelos	C (B)	5 (4)	—	5
Grava gruesa con un tamaño de partícula mayor de $D_e/3$ , suelos densos, suelos sin cohesión bajo el nivel freático	Arcilla a grava media sobre el nivel freático; suelos cohesivos bajo el nivel freático	C <sup>f</sup>	5	Para usar solamente en pequeñas profundidades	6
Suelos con un tamaño de partícula mayor de $D_e/3$ , por ejemplo, varva	Arcilla, limos y suelos con un tamaño de partícula hasta $D_e/3$	Suelos cohesivos: A	2 (1)	Trazado de la gráfica de avance basada en el número de impactos	7
		Suelos no cohesivos: B (A)	3 (2)		
Suelos con un tamaño de partícula mayor de $D_e/3$	Gravas y suelos con un tamaño de partícula hasta $D_e/3$	B	4		
Suelos con un tamaño de partícula mayor de $D_e/2$	Suelos con un tamaño de partícula hasta $D_e/5$	C <sup>f</sup>	5	Para usar solamente en pequeñas profundidades	9
Arenas puras y compuestas con un tamaño de partícula mayor de 2,0 mm, gravas y arcillas duras y firmes	Arcillas, limos y arenas finas	Suelos cohesivos: A	2 (1)	—	10
		Suelos no cohesivos: B	4 (3)		
—	—	Suelos cohesivos: B	4	—	11
		Suelos no cohesivos: C	5		
Grava sobre el nivel freático, limos, arenas y gravas bajo el nivel freático	Arcillas y limos sobre el nivel freático, arcilla bajo el nivel freático	C (B)	4 (3)	—	12
Recuperación sobre el nivel freático	Grava y arena en agua	C (B)	5 (4)	También se puede usar en suelos cohesivos si se añade agua	13
Suelos densos y de grano grueso	Arcilla, limo y arena fina	C <sup>f</sup>	5	Para usar solamente en pequeñas profundidades	14
Suelos cohesivos firmes, rocas mayores de $D_e/2$	Gravas, rocas menores de de $D_e/2$ , bolos	Sobre el nivel freático: B	4	—	15
		Bajo el nivel freático: C	5		

<sup>d</sup>  $D_e$  es el diámetro interior del toma-muestras.

<sup>e</sup> Solamente se pueden alcanzar las categorías de muestreo y las clases cualitativas dadas entre paréntesis en condiciones de terreno particularmente favorables, las cuales se deben explicar para esos casos.

<sup>f</sup> A veces es posible la toma de muestras de categoría B en suelos ligeramente cohesivos.

NOTA No se cubre la perforación con fluido de circulación directa porque la clase de calidad que se puede alcanzar normalmente es peor que la clase 5.

**6.3.2.3.2** Con el método de muestreo continuo, las aletas actúan como una cinta transportadora y lleva continuamente el detrito a la superficie. Se pueden añadir varillas adicionales a la barrena hasta que se alcance la profundidad requerida. En la boca del sondeo se remoldean las muestras obtenidas.

**6.3.2.3.3** Con el método de muestreo discontinuo, la hélice se introduce en el suelo con un ritmo de penetración adecuado para la velocidad de rotación de las aletas y el extremo de la hélice. La longitud de la toma de la muestra dentro del suelo no debe exceder la longitud máxima de la hélice. Durante la perforación de la hélice, se debe minimizar el desplazamiento vertical del suelo entre las aletas. Después de introducirla, se debe sacar completamente la herramienta de perforación sin rotar la hélice y las muestras se deben tomar del material adherido a las aletas de la hélice.

**6.3.2.3.4** Con el método de muestreo discontinuo, se debe utilizar la perforación con hélice solamente si el sondeo es estable o si estabiliza con un revestimiento auxiliar.

**6.3.2.3.5** La toma de muestras mediante perforación con hélice es adecuada para suelos cohesivos y suelos sobre el nivel freático.

#### **6.3.2.4 Toma de muestras mediante perforación con circulación inversa**

**6.3.2.4.1** En la toma de muestras mediante perforación con circulación inversa, el fluido de perforación baja por el exterior del varillaje de perforación, sobre la cara de la corona y entonces, arrastrando al detrito pasa través de un orificio central en la corona y sube a la superficie a través del varillaje de perforación.

**6.3.2.4.2** Normalmente el diámetro del sondeo está comprendido entre 150 mm y 1 300 mm.

**6.3.2.4.3** Esta técnica de toma de muestras es adecuada para todos los suelos.

#### **6.3.2.5 Toma de muestras mediante perforación con calador**

**6.3.2.5.1** En la toma de muestras mediante perforación con calador, se usa como herramienta de muestreo un calador. Se deben usar calador de filo simple en suelos cohesivos y calador de filo doble en suelos no cohesivos. Los caladores de doble filo con una tapa interna a veces se usan para suelos no cohesivos. La longitud de la toma de muestra dentro del suelo no debe exceder la longitud máxima del calador. Durante la penetración del calador, se debe minimizar el desplazamiento vertical del suelo en el calador. Después de introducirla, se debe sacar completamente la herramienta de perforación del sondeo y la muestra se debe extraer de las aletas.

**6.3.2.5.2** La toma de muestras mediante perforación con calador se debe utilizar solo si el sondeo es estable o con revestimiento.

#### **6.3.3 Toma de muestras mediante métodos de avance con martillo**

##### **6.3.3.1 Toma de muestras mediante perforación a percusión**

En la toma de muestras mediante perforación a percusión, se introduce un tubo cortador de arcilla con un filo cortador interno en su parte inferior, por medio de golpes de martillo que se transmiten por un varillaje de perforación adecuado. Normalmente este método es apropiado para arcillas, limos y suelos con un tamaño de partícula de hasta  $D_e/3$ <sup>1)</sup> y con un diámetro de hasta 300 mm. La muestra se retiene dentro del cortador de arcilla con un retenedor adecuado.

##### **6.3.3.2 Toma de muestras mediante perforación a roto-percusión**

En la toma de muestras mediante perforación a roto-percusión, se introduce un tubo cortador de arcilla con una zapata cortadora en su extremo inferior, por medio de golpes de martillo mientras que el varillaje de perforación rota lentamente. Normalmente este método es apropiado para arcillas, limos y suelos con un tamaño de partícula de hasta  $D_e/3$  y con un sondeo de hasta 300 mm de diámetro. La muestra se retiene dentro del cortador de arcilla.

---

1)  $D_e$  es el diámetro interno del toma-muestras.

#### **6.3.4 Toma de muestras mediante percusión con cable**

**6.3.4.1** En la toma de muestra mediante percusión con cable, se suspenden de un cable las herramientas adecuadas de toma-muestras de percusión, perforación, el cual se levanta y se baja libremente con un cabestrante, permitiendo así que la masa del equipo guíe las herramientas dentro del suelo. Con este método se pueden perforar y muestrear sondeos de hasta 500 mm de diámetro.

**6.3.4.2** Eligiendo el equipo apropiado, se puede utilizar la toma de muestras de percusión con cable en todos los suelos.

#### **6.3.5 Toma de muestras mediante perforación con barrena continua con eje hueco**

**6.3.5.1** En la toma de muestra mediante perforación con barrena continua con eje hueco, la barrena continua con eje hueco, que consiste en una barrena continua de eje central hueco y con una cabeza de corte que se introduce dentro del suelo de una manera similar a la perforación con hélice (véase 6.3.2.3). Se añaden secciones de la barrena continua con eje hueco hasta alcanzar la profundidad requerida.

**6.3.5.2** Una vez se ha alcanzado la profundidad requerida, se puede bajar un sistema de toma de muestras o un saca-testigos por el hueco central de la barrena continua con eje hueco para tomar muestras desde la parte inferior del sondeo sin quitar el varillaje de la barrena hueca con eje hueco.

#### **6.3.6 Toma de muestras mediante perforación con cuchara**

**6.3.6.1** En la toma de muestra mediante perforación con cuchara, la herramienta toma-muestras es un cable con una cuchara.

**6.3.6.2** El diámetro del sondeo debería estar comprendido entre 400 mm y 1 500 mm.

**6.3.6.3** Generalmente se utiliza esta técnica de toma de muestras en gravas, bolos y rocas con un tamaño menor de  $D_c/2$ . Es inadecuado en suelos cohesivos firmes y rocas con un tamaño mayor de  $D_c/2$ .

#### **6.3.7 Toma de muestras mediante perforación de pequeño diámetro**

**6.3.7.1** La toma de muestras con perforación de pequeño diámetro se refiere a todas aquellas perforaciones con un diámetro comprendido entre 30 mm y 80 mm. En principio, se pueden usar todos los métodos de perforación y equipos descritos en la tabla 2.

**6.3.7.2** La toma de muestras con perforación de pequeño diámetros es adecuada solo para arenas y suelos de grano fino.

Cuando se utilicen los métodos de perforación de pequeño diámetro, se debería tener en cuenta que las muestras recuperadas sean suficientes en tamaño y en masa y adecuadas para los ensayos de laboratorio programados.

**6.3.7.3** Generalmente la calidad de una muestra obtenida mediante la perforación de pequeño diámetro es menor que si se usa el mismo método de perforación para diámetros de perforación mayores.

#### **6.3.8 Toma de muestras mediante perforación con resonancia**

En la toma de muestras con perforación con resonancia, se introduce un tubo equipado con una corona en su parte inferior en el suelo o roca blanda mediante una vibración de una frecuencia variable desde 30 Hz a 150 Hz. La frecuencia se ajusta después de añadir una nueva varilla para así obtener una resonancia.

Cuando el ritmo de penetración es muy bajo, el toma-muestras se puede rotar (de 1 a 5 rotaciones por metro). El toma-muestras o saca-testigos puede ir equipado con una camisa de plástico.

## **6.4 Toma de muestras con toma-muestras**

### **6.4.1 Aspectos generales**

**6.4.1.1** La toma de muestras con toma-muestras se puede usar en combinación con muchos métodos de perforación. El diámetro de perforación se debe elegir de modo que el toma-muestras pueda bajarse al fondo del sondeo sin obstáculos.

**6.4.1.2** Dependiendo de las condiciones del suelo, se pueden usar diferentes toma-muestras (véase la tabla 3). Normalmente se usa la toma de muestras con toma-muestras en combinación con cualquier método de perforación que utilice lodos de perforación o revestimiento para sostener las paredes del sondeo. La técnica y método de perforación deben escogerse de manera que se eviten alteraciones inaceptables de las muestras de suelo.

**6.4.1.3** Se debe limpiar y suavizar el interior del tubo toma-muestras para que no quede ningún filo sobresaliente o irregularidad, la cual pueda causar el deterioro de la muestra.

**6.4.1.4** No se permite la perforación con percusión del revestimiento en toda la profundidad en el caso que la toma de muestras sea de categoría A. Se debe detener el proceso de percusión al menos 0,25 m o cinco veces el diámetro del sondeo antes de alcanzar la profundidad del muestreo.

**6.4.1.5** Si se usa un revestimiento en arcillas sensitivas, no se debe acercar a la profundidad de muestreo menos de 2,5 veces el diámetro exterior del revestimiento para minimizar la alteración. En otros suelos sí se puede bajar el revestimiento hasta el fondo del sondeo. Las muestras se deben tomar del suelo inalterado bajo el revestimiento en un sondeo revestido o sostenido con lodos, con un diámetro un poco mayor que el del toma-muestras.

**6.4.1.6** Cuando se utiliza lodo de perforación, se debe elegir sus características con respecto del método de perforación, las condiciones del suelo y del agua subterránea, para así obtener un sondeo estable.

**6.4.1.7** Antes de tomar muestras inalteradas de la parte inferior del sondeo se debe quitar el material suelto o alterado. En el caso de limpiar el sondeo desde su parte inferior con el fluido de perforación, se debe hacer avanzar a la corona giratoria con sumo cuidado y reducir el fluido de circulación hasta que la corona alcanza la profundidad de la muestra. Se debe quitar de una manera controlada el material que quede suelto.

**Tabla 3 – Toma de muestras usando toma-muestras**

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8
Línea	Tipo de toma-muestras <sup>b</sup>	Dimensiones preferidas de la muestra		Técnica utilizada	Aplicaciones y limitaciones		Categoría de muestreo para suelos como en la columna 6 <sup>a</sup>	Clase cualitativa alcanzable <sup>a</sup>
		Diámetro mm	Longitud mm		Inadecuado para	Recomendado para usar en		
1	pared delgada (OS-T/W)	70 a 120	250 a 1 000	empuje estático o dinámico	grava, arena suelta bajo el nivel freático, suelos cohesivos firmes, suelos con partículas gruesas	suelos cohesivos u orgánicos de consistencia blanda o rígida	A	1
						arena (media) densa bajo el nivel freático	B (A)	3 (2)
						suelos cohesivos u orgánicos de consistencia rígida	A	2 (1)
2	pared gruesa (OS-TK/W)	>100	250 a 1 000	empuje dinámico	grava, arena bajo el nivel freático, suelos cohesivos u orgánicos pastosos y firmes, suelos con partículas gruesas	suelos cohesivos u orgánicos de consistencia de blanda a rígida e incluyendo partículas gruesas	B (A)	3 (2)
3	pared delgada (PS-T/W)	50 a 100	600 a 800	empuje estático	grava, arenas muy sueltas y densas, suelos cohesivos u orgánicos semi-firmes y firmes, suelos con partículas gruesas	suelos cohesivos u orgánicos de consistencia pastosa o rígida y suelos sensitivos	A	1
						arena sobre el nivel freático	B	3
4	pared gruesa (PS-TK/W)	50 a 100	600 a 1 000	empuje estático	grava, arena bajo el nivel freático, suelos cohesivos u orgánicos pastosos y firmes, suelos con partículas gruesas	suelos cohesivos u orgánicos de consistencia de blanda a rígida y suelos sensitivos	B (A)	2 (1)
5	cilindro (LS)	250	350	rotación estática	arenas	arcilla, limo	A	1
6	cilindro (S-SPT)	35	450	empuje dinámico	grava gruesa, bloques	arena, arcilla, limo	B	4
7	ventana	44 a 98	1 500 ó 3 000	empuje estático o dinámico	arenas, gravas	limo, arcilla	C	5
<sup>a</sup> Sólo se pueden conseguir las categorías de muestreo y las clases cualitativa alcanzables dadas en paréntesis en condiciones de suelo particularmente favorables, las cuales deben ser explicadas en tales clases <sup>b</sup> OS-T/W toma-muestras de tubo abierto y pared delgada ( <i>open-tube samplers, thin-walled</i> ) PS-TK/W toma-muestras de pistón y pared gruesa ( <i>piston samplers, thick-walled</i> ) OS-TK/W toma-muestras de tubo abierto y pared gruesa ( <i>open-tube samplers, thick-walled</i> ) LS toma-muestras grande ( <i>large sampler</i> ) PS-T/W toma-muestras de pistón y pared delgada ( <i>piston samplers, thin-walled</i> ) S-SPT SPT toma-muestras de SPT (ensayo de penetración estándar) ( <i>standard penetration test sampler</i> )								

## **6.4.2 Toma de muestras usando el toma-muestras de tubo abierto o pistón**

### **6.4.2.1 Generalidades**

Para recuperar testigos de sondeos en suelos cohesivos, arenosos y orgánicos, se pueden usar toma-muestras de tubo abierto o de pistón. Generalmente estos toma-muestras están formados por un tubo toma-muestras con o sin pistón y una cabeza toma-muestras con conexiones al varillaje de extensión. El toma-muestras de tubo abierto (de pared delgada o de pared gruesa) se puede usar en los sondeos. El toma-muestras de pistón se puede empujar directamente en suelos blandos a medios.

### **6.4.2.2 Geometría general**

**6.4.2.2.1** Son comunes los tubos de diámetro interior comprendido entre 50 mm y 120 mm, pero en condiciones especiales de suelo se usan diámetros de hasta 250 mm. Se debe dar forma al extremo inferior del tubo de modo que forme un filo de corte.

**6.4.2.2.2** Preferiblemente la longitud del tubo toma-muestras no debería ser mayor que 20 veces el diámetro del testigo. Se considera suficiente una longitud de muestreo efectiva desde 0,45 m a 1,00 m para ensayos de suelo ordinarios. Se pueden usar tubos más largos si se aplican sistemas de reducción de fricción.

### **6.4.2.3 Geometría detallada**

**6.4.2.3.1** El material del tubo de muestreo debe ser rígido, resistente a la corrosión y con una superficie suave. El espesor de la pared del tubo debe elegirse de modo que el tubo resista la distorsión cuando se empuja dentro del suelo.

**6.4.2.3.2** Los tubos toma-muestras de pared delgada usados deben cumplir los siguientes requisitos, los cuales aplican por analogía a toma-muestras con otros diámetros internos:

- a) el ángulo de conicidad no debería exceder 5°;
- b) la relación de área,  $C_a$  (véase 3.3.11), no debería ser menor del 15%;
- c) se pueden usar los ángulos de conicidad entre 5° y 15° y las relaciones de área hasta el 25% sólo si se demuestra que no se afecta a la clase cualitativa;
- d) para tubos toma-muestras con  $C_a$  mayor del 15%, se debe reducir el ángulo del filo de corte a medida que el grosor de la muestra se incrementa;
- e) se deben elegir las tolerancias de los filos de corte y del tubo toma-muestras para obtener una relación entre los diámetros internos del toma-muestras,  $C_i$  (véase 3.3.12), menor del 0,5%. Cuando se evalúa esta relación, se debe aplicar el peor caso de tolerancias de fabricación.

### **6.4.2.4 Preparación de los tubos**

**6.4.2.4.1** Antes de la toma de muestras, se debería inspeccionar cuidadosamente el toma-muestras y sus partes componentes, especialmente el filo de corte. Se deberían sustituir los componentes defectuosos o dañados. Para guardar el testigo lo más inalterado posible durante su extracción, transporte y manejo dentro del laboratorio, se recomiendan toma-muestras rígidos con camisas de baja fricción.

**6.4.2.4.2** El interior del tubo de muestras o camisa debería estar limpio y suave sin ninguna irregularidad o filo sobresaliente que puedan causar alteraciones en la muestra. Los tubos y camisas deben tener paredes suaves para minimizar la fricción en el suelo. No se deben usar tubos que se han corroído en su interior o están dañados en su filo de corte.



#### **6.4.2.5 Procedimiento de campo**

**6.4.2.5.1** Se debe empujar o guiar el toma-muestras en el suelo (véase la columna 4 de la tabla 3). Si se usa un guiado dinámico, el peso que se usa debe golpear directamente en la cabeza del toma-muestras, su masa debe ser suficiente para efectuar la penetración requerida del tubo en un mínimo número de golpes desde una altura pequeña.

**6.4.2.5.2** Antes de la toma de muestras desde el fondo del sondeo, se debe quitar cualquier material suelto o alterado. El toma-muestras debería bajarse con cuidado dentro del sondeo tan pronto como se haya limpiado su fondo. El tubo toma-muestras se debe bajar hasta al menos 200 mm por debajo de cualquier material alterado en o bajo la base del sondeo. Si se usa revestimiento, se deben tomar muestras del suelo inalterado bajo el revestimiento.

**6.4.2.5.3** Se debe comprobar la profundidad del sondeo y la posición del toma-muestras exactamente cuando el toma-muestras entre en el sondeo. El toma-muestras no debe ofrecer resistencia en el suelo del fondo cuando éste alcance toda su longitud.

**6.4.2.5.4** Se debería hacer el avance del toma-muestras en un solo movimiento continuo hasta la profundidad determinada y se debería medir la longitud de avance. Se debería evaluar esta longitud para cada tipo de toma-muestras. Es preferible usar no más del 90% de la longitud efectiva. No se permite el avance en exceso de la longitud efectiva.

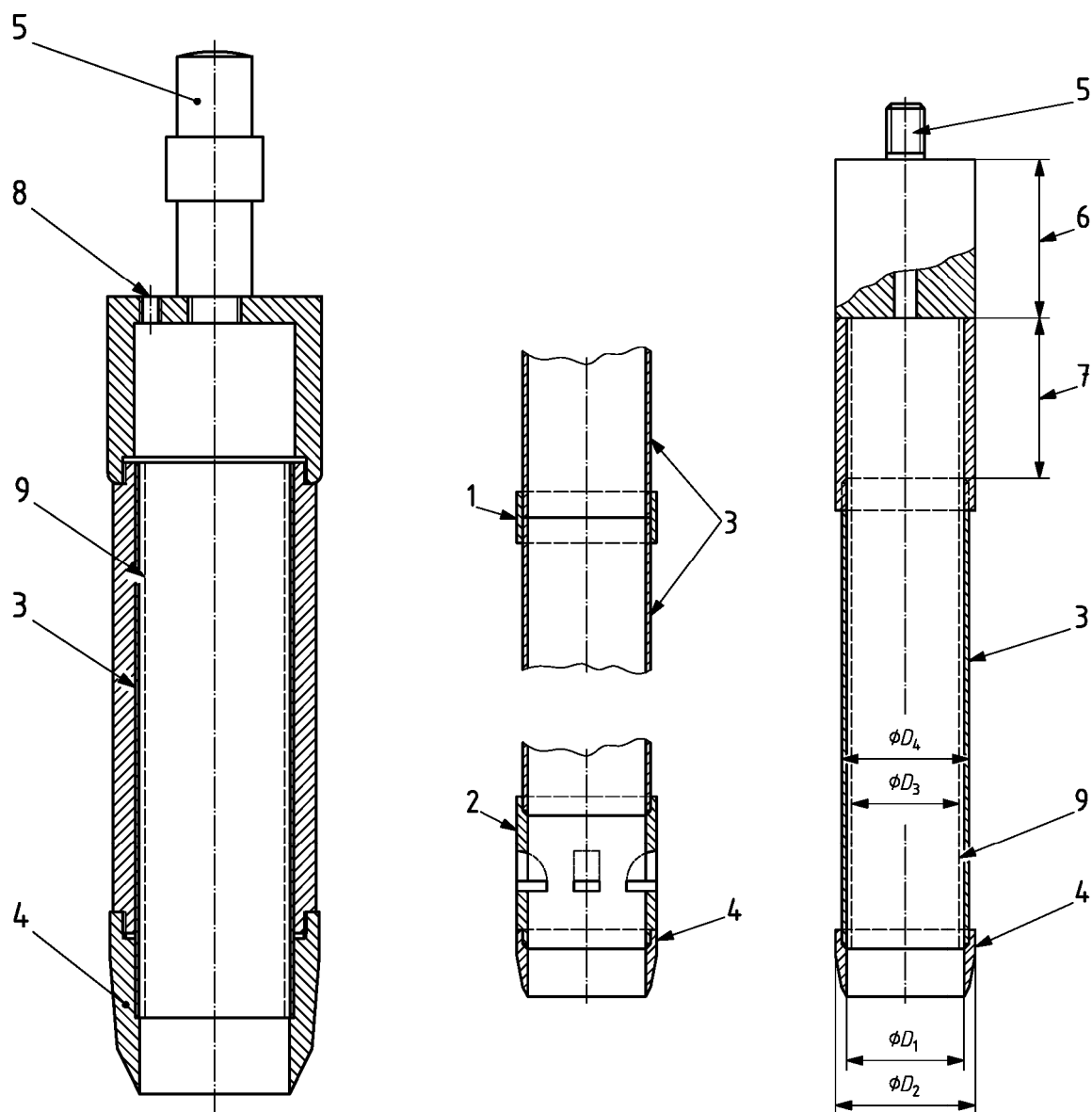
**6.4.2.5.5** Después de la penetración, se debe romper el testigo en el extremo inferior del tubo toma-muestras rotando el varillaje o levantando lentamente el toma-muestras. Se debería retirar el testigo con cuidado sin ninguna vibración o golpe para mantener la muestra inalterada. Es aconsejable mantener el toma-muestras en posición por unos minutos de modo que se desarrolle suficiente adhesión entre el testigo y el tubo toma-muestras o camisa.

**6.4.2.5.6** Después de la retirada, el toma-muestras debería ser desensamblado y si fuera necesario, se deberían extraer las muestras con cuidado sin ninguna torsión o dobladura. Se debería comprobar si el tubo toma-muestras y el filo de corte tienen alguna deformación. Se debería anotar cualquier deformación en el registro del muestreo. También se debe comprobar y anotar en el registro la presencia de suelos sueltos o detrito en el extremo superior.

**6.4.2.5.7** El proceso de muestreo puede alterar el suelo bajo el toma-muestras. Se debe tener en cuenta esta influencia.

#### **6.4.2.6 Toma de muestras usando el toma-muestras de tubo abierto**

**6.4.2.6.1** Además de los componentes mencionados en el apartado 6.4.2.3, los toma-muestras de tubo abierto (OS) están formados por un tubo toma-muestras con cámara superior y una válvula anti-retorno en su cabeza. El tubo de sedimentos debe suministrar una cámara superior a la cual pueda pasar el material reblandecido en el sondeo. La bola de la válvula anti-retorno y el asiento deben medirse adecuadamente de modo que permitan la salida libre del agua y aire retenidos cuando la muestra entra en el tubo y cerrar cuando el toma-muestras se está sacando (véase la figura 4). El tubo toma-muestras tiene en su extremo superior una rosca para la conexión al tubo de sedimentos.



a) Esquema del toma-muestras de tubo abierto de pared gruesa

b) Esquema del toma-muestras de tubo abierto de pared delgada

#### Leyenda

$D_1$  Diámetro interior de la zapata de corte  
 $D_2$  Diámetro exterior mayor de la zapata de corte  
 $D_3$  Diámetro interior del tubo toma-muestras o camisa  
 $D_4$  Diámetro exterior del tubo toma-muestras

1 Rosca  
 2 Cilindro para retener muestras

3 Tubo toma-muestras  
 4 Zapata de corte  
 5 Conexión al varillaje de perforación o martillo deslizante  
 6 Válvula anti-retorno  
 7 Cámara superior  
 8 Válvula  
 9 Camisa (opcional)

Figura 4 – Ejemplos de toma-muestras de tubo abierto (OS) para recuperación de testigo de sondeos

**6.4.2.6.2** Normalmente se considera al muestreo con el toma-muestras de tubo abierto y pared delgada como método de muestreo de categoría A o B, dependiendo de las condiciones del suelo (véase la tabla 3).

**6.4.2.6.3** Principalmente los toma-muestras de tubo abierto y pared gruesa son adecuados para suelos rígidos y densos y para suelos con partículas gruesas (véase la línea 2 de la tabla 3). Para tipos de suelo que son difíciles de muestrear, son necesarios dispositivos para retener muestras o de cierre.

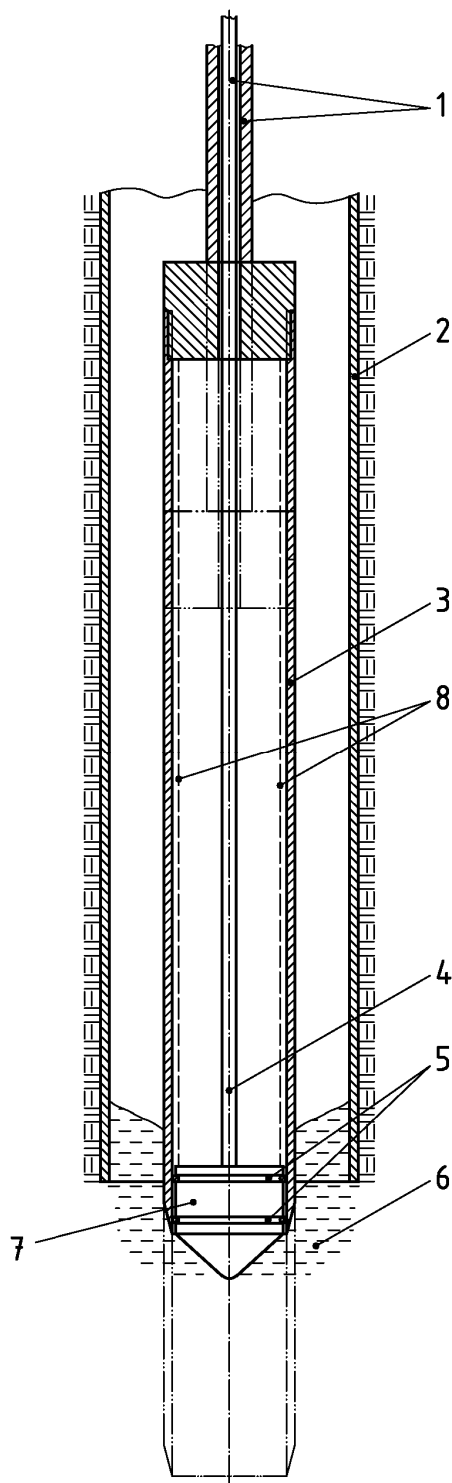
**6.4.2.6.4** Normalmente se considera a los toma-muestras de tubo abierto y pared gruesa como método de muestreo de categoría B.

#### **6.4.2.7 Toma de muestras usando el toma-muestras de pistón**

**6.4.2.7.1** El toma-muestras de pistón se puede usar en suelos finos de baja resistencia tales como los limos y las arcillas, incluyendo las arcillas sensitivas. Se puede usar tanto en sondeos como empujándolo directamente en el suelo.

**6.4.2.7.2** El toma-muestras de pistón está formado por un tubo toma-muestras que contiene un pistón deslizante, ligeramente cónico en su parte inferior. El tubo toma-muestras se encaja en la cabeza toma-muestras, mientras el pistón se fija al varillaje. Este pasa a través de una junta deslizante en la cabeza del toma-muestras y dentro del varillaje de perforación. Los dispositivos de agarre manejados desde superficie, permiten al pistón y al tubo toma-muestras que se encajen juntos o que el pistón se sujete estacionariamente mientras el tubo toma-muestras se introduce en el terreno (véase la figura 5). Cuando se corta el testigo, el pistón se debe liberar o fijar firmemente a la superficie del terreno antes de que se realice la siguiente maniobra de avance. Se acepta un movimiento en el varillaje del pistón del 1% de la longitud de penetración debido a la tensión. La longitud de avance del toma-muestras no debe ser mayor de la longitud prevista del testigo para evitar su compresión.

**6.4.2.7.3** Normalmente se considera como método de categoría A al muestreo con toma-muestras de pistón (véase la tabla 3). En algunas circunstancias y usando un levanta-testigos apropiado, el toma-muestras de pistón se puede utilizar en arenas. La categoría de muestreo en este caso se considera como método de muestreo de categoría B. Para la toma de muestras en arcillas no se recomienda el uso de un levanta-testigos para así evitar el riesgo de alteración. Si se usa, se debe anotar en el registro del muestreo.



## Leyenda

- |   |                     |
|---|---------------------|
| 1 Dispositivo de bloqueo del varillaje de perforación en superficie | 5 Anillo de sellado |
| 2 Encamisado  | 6 Suelo alterado    |
| 3 Tubo toma-muestras  | 7 Pistón            |
| 4 Conducto de ventilación   | 8 Camisa (opcional) |

**Figura 5 – Esquema del toma-muestras estacionario de pistón de pared delgada (PS) para el muestreo desde el fondo del sondeo**

### **6.4.3 Toma de muestras usando el toma-muestras del ensayo de penetración estándar (SPT)**

**6.4.3.1** El toma-muestras del ensayo de penetración estándar se usa principalmente en los ensayos de penetración estándar de acuerdo con la Norma ISO 22476-3. Toma testigos de 35 mm de diámetro, 450 mm de longitud y tiene una relación de áreas,  $C_a$ , de un 100%.

**6.4.3.2** Normalmente se considera método de muestreo de categoría C a la toma de muestras usando el toma-muestras del ensayo de penetración estándar (véase la tabla 3). También se puede considerar como método de muestreo de categoría B en algunos suelos homogéneos de grano fino.

### **6.4.4 Toma de muestras usando el toma-muestras de ventana**

**6.4.4.1** Un toma-muestras de ventana está formado por un tubo hueco con una ranura longitudinal a lo largo de parte de su longitud (ventana) y con una zapata con un filo de corte afilado en su extremo inferior. Los toma-muestras de ventana se usan para tomar muestras por medio de la aplicación de un empuje estático por medio de impactos dinámicos o por percusión. Después de guiar y retirar el toma-muestras del suelo, el testigo se retira de la ranura (véase la figura C.23).

**6.4.4.2** El muestreo usando el toma-muestras de ventana se debería realizar solamente en el fondo de un sondeo donde la muestra del suelo no se pueda mezclar con las capas superiores, siempre que no se use un cierre.

**6.4.4.3** Normalmente se considera como método de muestreo de categoría C al método de muestreo con toma-muestras de ventana (véase la tabla 3).

## **6.5 Toma de muestras en bloque**

### **6.5.1 Toma de muestras de catas**

**6.5.1.1** En la toma de muestras de catas se usan toma-muestras con procedimientos de corte o se recuperan bloques.

**6.5.1.2** Los bloques en suelos cohesivos se pueden cortar a mano o con sierra. Se deben tomar las siguientes precauciones:

- a) el suelo remoldeado se debe retirar cuidadosamente del lugar de muestreo;
- b) el agua externa no debe entrar en contacto con el testigo;
- c) el testigo se debería proteger de la luz solar, las heladas y los vientos;
- d) se debe cubrir el testigo inmediatamente después de que éste se haya cortado.

**6.5.1.3** Los testigos se pueden cortar a mano en suelos con cohesión adecuada, pero teniendo cuidado de asegurar que sus dimensiones sean al menos iguales a aquellas del tubo toma-muestras mostrado en la figura C.31. El muestreo de catas así ejecutado se considera como método de muestreo de categoría A o B.

**6.5.1.4** En la toma de muestras de catas, los testigos se toman del fondo y los taludes o paredes de la cata se realizan usando un dispositivo de toma de muestras como el que se muestra en la figura C.31. Solamente se pueden usar los tubos toma-muestras como el de la figura C.31 b) para suelos con un tamaño máximo de partícula de 5 mm. Se debe guiar el tubo toma-muestras dentro del suelo a mano o, cuando esto no sea posible, se debe introducir en el suelo o bien por empuje, o bien dejando caer un peso o un martillo deslizante, siendo el testigo recuperado como el mostrado en la figura C.31 c). Existe la posibilidad de que haya material suelto durante la extracción del tubo de muestras en el muestreo en arenas densas. Este material se debe incluir en el testigo para así completarlo.

### **6.5.2 Toma de muestras usando toma-muestras grandes**

**6.5.2.1** Los principios del muestreo usando toma-muestras grandes deben ser como siguen (véase también el capítulo C.15):

a) Preparación del sondeo:

La preparación de un sondeo para un toma-muestras grande requiere el uso de una barrena de gran diámetro. El sondeo se puede soportar con lodos o se puede encamisar hasta el nivel de la toma de muestras. Antes de bajar un toma-muestras grande en el sondeo se debe retirar de la parte inferior del sondeo cualquier resto o material alterado, usando una barrena de base plana y gran diámetro.

b) Procedimiento de muestreo y recuperación de testigo:

El toma-muestras grande se puede manejar por cualquier sistema de varillas de perforación que permita los modos de operación relevantes para un toma-muestras. El toma-muestras grande se debería introducir en el suelo a un ritmo lento, usando una combinación de empuje estático, rotación y/o fluido de perforación. El testigo se debe separar cuidadosamente del suelo de alrededor antes de la recogida y traerlo a la superficie con la mínima alteración. Se deberían tomar precauciones para reducir el efecto de la succión cuando el testigo se separa del suelo adyacente y también para evitar los golpes y las vibraciones que se transfieren al sistema de varillaje durante el levantamiento del testigo.

**6.5.2.2** Normalmente se considera a la toma de muestras con toma-muestras grande como método de muestreo de categoría A.

Tabla 4 – Ejemplos de métodos de toma de muestras con respecto a la categoría de muestreo en diferentes suelos

Tipo de suelo	La idoneidad depende de por ejemplo	Método de muestreo		
		Categoría A	Categoría B	Categoría C
Arcilla	rigidez o resistencia sensitividad, plasticidad	PS-PU OS-T/W-PU <sup>b</sup> OS-T/W-PE <sup>a</sup> OS-TK/W-PE <sup>a, b</sup> CS-DT, CS-TT LS, S-TP, S-BB	OS-T/W-PE OS-TK/W-PE CS-ST HSAS AS <sup>a</sup>	AS
Limo	rigidez o resistencia sensitividad superficie del agua subterránea	PS OS-T/W-PU <sup>b</sup> OS-TK/W-PE <sup>a, b</sup> LS, S-TP	CS-DT, CS-TT OS-TK/W-PE HSAS	AS CS-ST
Arena	tamaño de las partículas densidad superficie del agua subterránea	S-TP OS-T/W-PU <sup>b</sup>	OS-TK/W-PE <sup>b</sup> CS-DT, CS-TT HSAS	AS CS-ST
Grava	tamaño de las partículas densidad superficie del agua subterránea	S-TP	OS-TK/W-PE <sup>a, b</sup> HSAS	AS CS-ST
Suelo orgánico	estado de descomposición	PS OS-T/W-PU <sup>b</sup> S-TP	CS-ST HSAS AS <sup>a</sup>	AS
<sup>a</sup> Se puede usar sólo en condiciones favorables. <sup>b</sup> Véase también el apartado 6.4.2.3 para la geometría detallada.				
Leyenda OS-T/W-PU Toma-muestras de tubo abierto, pared delgada/empujado ( <i>Open-tube samplers, thin-walled/pushed</i> ) OS-T/W-PE Toma-muestras de tubo abierto, pared delgada/percusión ( <i>Open-tube samplers, thin-walled/percussion</i> ) OS-TK/W-PE Toma-muestras de tubo abierto, pared gruesa/percusión ( <i>Open-tube samplers, thick-walled/percussion</i> ) PS Toma-muestras de pistón ( <i>Piston samplers</i> ) PS-PU Toma-muestras de pistón, empujado ( <i>Piston samplers, pushed</i> ) LS Toma-muestras grande ( <i>Large samplers</i> )				
		CS-ST	Perforación a rotación, tubo simple ( <i>Rotary core drilling, single tube</i> )	
		CS-DT, CS-TT	Perforación a rotación, tubo doble o tubo triple ( <i>Rotary core drilling, double or triple tube</i> )	
		AS	Taladrado ( <i>Augering</i> )	
		HSAS	Taladrado con barrena hueca ( <i>Hollow stem augering</i> )	
		S-TP	Muestreo de catas ( <i>Sampling from trial pit</i> )	
		S-BB	Muestreo desde el fondo del sondeo ( <i>Sampling from borehole bottom</i> )	

## 7 MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRAS EN ROCAS

### 7.1 Generalidades

7.1.1 Las técnicas para obtener testigos de roca se pueden dividir en los siguientes grupos:

- toma de muestras mediante perforación (véase la tabla 5);
- toma de muestras de bloques;

c) toma de muestras integral.

Son posibles las combinaciones de estos métodos de muestreo y a veces necesarias debido a las condiciones geológicas.

**7.1.2** Los testigos de roca son de los siguientes tipos:

- a) testigos (completos o incompletos);
- b) detritos y retornos retenidos;
- c) testigos en bloques.

**7.1.3** La calidad de la recuperación de la roca se alcanza aplicando los siguientes tres parámetros (véase también la figura 2):

- recuperación de testigo total en roca, TCR (véase 3.3.14.1);
- índice de calidad de la roca, RQD (véase 3.3.14.2);
- muestra sólida recuperada, SCR (véase 3.3.14.3).

**7.1.4** Se debe evaluar el testigo recuperado después de recuperar los toma-muestras a la superficie. Se debe registrar el testigo en los casos en los que éstos se extrudan del toma-muestras y se coloquen en una caja de testigos. Si se usan camisas, se debe decidir dónde y cuándo se deben abrir para examinar el testigo. La pérdida de testigo se sustituirá por tacos espaciadores. Se tiene que marcar con flechas la dirección de la perforación en las cajas de testigos. También se tienen que marcar las profundidades de los testigos.

## **7.2 Categorías de los métodos de muestreo para rocas**

**7.2.1** Hay tres categorías para los métodos de muestreo en rocas, dependiendo en la mejor calidad del testigo obtenida bajo unas determinadas condiciones de terreno:

- métodos de muestreo de categoría A;
- métodos de muestreo de categoría B;
- métodos de muestreo de categoría C.

**7.2.2** En un método de muestreo de categoría A, se pretende obtener testigos en los cuales no haya o haya muy poca alteración de la estructura de la roca durante el procedimiento de la toma de muestras. Las propiedades de resistencia y deformación, contenido de agua, densidad, porosidad y permeabilidad del testigo de roca corresponden a los valores *in situ*. No ha ocurrido ningún cambio en los constituyentes del macizo rocoso o en su composición química. Ciertas circunstancias imprevistas, como la variación de las condiciones geológicas, pueden llevar a obtener una calidad del testigo inferior.

**7.2.3** En los métodos de muestreo de categoría B, se pretende obtener testigos que contengan todos los constituyentes *in situ* del macizo rocoso en sus proporciones originales y trozos de roca que hayan mantenido su resistencia y sus propiedades de deformación, contenido de agua, densidad y porosidad. En un método de muestreo de categoría B, se pueden identificar la disposición general de las discontinuidades del macizo rocoso. La estructura del macizo rocoso se ha alterado y por tanto, la resistencia y las propiedades de deformación, contenido de agua, densidad y porosidad del propio macizo rocoso. Algunas circunstancias imprevistas, tales como la variación de las condiciones geológicas, pueden disminuir la calidad de la muestra a obtener.

**7.2.4** En los métodos de muestreo de categoría C, la estructura del macizo rocoso y sus discontinuidades han cambiado totalmente. Se ha machacado el material rocoso. Pueden producirse algunos cambios en los constituyentes o en la composición química de la roca. Se puede identificar el tipo de roca, su matriz, su textura y su estructura.



Tabla 5 – Toma de muestras de suelo usando toma-muestras

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Línea	Método de perforación			Equipos		Método de perforación menos adecuado para <sup>a</sup>	Muestras		Categoría de muestreo alcanzable <sup>b</sup>	Comentarios
	Fluido de perforación	Extracción de la muestra por	Designación	Herramienta de muestreo	Orientación para rango de diámetro del sondeo <sup>a</sup> mm		Testigos <sup>a</sup>	Detritos		
1	No	Herramienta de perforación sujeta al varillaje de perforación	Perforación a rotación en seco	Toma-muestras de tubo simple	70° a 200	Roca de dureza media a alta	Roca blanda, erosionable y sensible al agua; longitudes de toma de muestra pequeñas	Ninguno	B (A)	Para prevenir sobrecalentamientos en la corona, la longitud de penetración del toma-muestras no debería exceder 0,5 m
2	Sí	Herramienta de perforación sujeta al varillaje de perforación	Perforación a rotación	Toma-muestras de tubo simple	70° a 200	Roca de dureza media a alta	Roca fracturada y blanda	Residuo tamizable y materia en suspensión	B (A)	El fluido de perforación puede causar alteración del material del testigo
3	Sí	Herramienta de perforación sujeta al varillaje de perforación	Perforación a rotación	Toma-muestras de tubo doble	70° a 200	Roca erosionable y sensible al agua	Todo tipo de rocas	Residuo tamizable y materia en suspensión	A (B)	—
4	Sí	Herramienta de perforación sujeta al varillaje de perforación	Perforación a rotación	Toma-muestras de tubo triple	70 a 200	—	Todo tipo de rocas	Residuo tamizable y materia en suspensión	A	—
5	Sí	Herramienta de perforación sujeta al varillaje de perforación, con saca-testigos interior de cable	Perforación de testigo con cable	Saca-testigos de cable (wireline) o toma-muestras de tubo triple	70 a 180	—	Todo tipo de rocas	Residuo tamizable y materia en suspensión	A	—
6	Sí	Herramienta de perforación sujeta al varillaje de perforación	Perforación de hueco abierto	Corona sólida, corona de rodillo, DTTH	50 a 350	—	Ninguna	Residuo tamizable y materia en suspensión	C	—
<sup>a</sup> Valores orientativos considerando el posible uso de encamisado. <sup>b</sup> Solamente se pueden alcanzar las categorías de muestreo indicadas entre paréntesis en condiciones de terreno particularmente favorables o desfavorables, las cuales se deben explicar en tales casos. <sup>c</sup> En algunas rocas cristalinas puede ser suficiente un sondeo de 30 mm de diámetro para la identificación y descripción de la roca DTTH Martillo en fondo ( <i>Down-the-hole-hammer</i> ). NOTA El diámetro del testigo es menor para el mismo diámetro de sondeo cuando se utiliza un toma-muestras de tubo triple, en vez de el toma-muestras de tubo doble.										

### 7.3 Toma de muestras mediante perforación

#### 7.3.1 Generalidades

**7.3.1.1** Se deben seleccionar los métodos de muestreo y los equipos en función de la categoría de muestreo requerida (véase la tabla 5) y de las condiciones geológicas e hidrogeológicas.

**7.3.1.2** El fluido de perforación debería seleccionarse para cumplir los requisitos de la investigación y si es necesario, se le pueden añadir aditivos apropiados. Se deben considerar los requisitos hidrogeológicos al elegir el fluido de perforación.

**7.3.1.3** En rocas blandas solamente se deben usar los toma-muestras de tubo doble o triple.

**7.3.1.4** Se debe seleccionar el tipo de corona para cortar la roca eficientemente (véase la tabla C.16).

**7.3.1.5** Cuando se pasa por una zona de roca fracturada, puede ser necesario hormigonar para estabilizar el sondeo o para tomar muestras.

**7.3.1.6** Se deben especificar la orientación y la inclinación del sondeo, incluyendo la desviación máxima aceptable, teniendo en cuenta los objetivos esperados de la investigación y las condiciones del terreno.

#### 7.3.2 Toma de muestras mediante perforación a rotación en seco

**7.3.2.1** En la toma de muestras mediante perforación a rotación en seco, la perforadora hace rotar y penetrar en el macizo rocoso, por medio del varillaje de perforación, a un sistema de tubos con una corona en su extremo inferior. Esta acción introduce un testigo dentro del sistema de tubos. La herramienta toma-muestras puede ser de tubo simple con un diámetro de perforación de 70 mm a 200 mm. Se puede usar esta técnica de muestreo para recuperar testigos en rocas blandas, erosionables y sensibles al agua. Es menos adecuado para suelos de dureza media a alta.

**7.3.2.2** Para prevenir sobrecalentamientos en la corona, la longitud de penetración del toma-muestras no debe exceder 0,5 m.

**7.3.2.3** La toma de muestras mediante perforación a rotación en seco es un método de muestreo de categoría B (véase la tabla 5).

#### 7.3.3 Toma de muestras mediante perforación a rotación

**7.3.3.1** En la toma de muestras mediante perforación a rotación, la perforadora hace rotar y penetrar en el macizo rocoso, por medio del varillaje de perforación, a un sistema de tubos con una zapata de corte en su extremo inferior, por medio del varillaje de perforación. Esta acción introduce un testigo dentro del sistema de tubos. La herramienta toma-muestras, es decir, el saca-testigos, puede ser de tubo simple, doble o triple con un diámetro de perforación de 70 mm a 200 mm. Se utiliza fluido en la perforación.

**7.3.3.2** El **toma-muestras de tubo simple** está formado por un tubo toma-muestras con una corona en su parte inferior y una cabeza que se acopla a las barras de perforación en su parte superior. Se puede colocar un levanta-testigos entre la corona y el tubo toma-muestras o directamente en la corona. El fluido de perforación pasa entre el interior del toma-muestras y el testigo de roca recuperado, lavando continuamente la longitud del testigo recuperado.

**7.3.3.3** El **toma-muestras de tubo doble** está formado por dos tubos concéntricos y un cojinete en cabeza que permite al tubo interior permanecer quieto mientras que el tubo exterior se rota con el varillaje de perforación. Normalmente se coloca un levanta-testigos entre la corona y el tubo interior. El fluido de perforación pasa a través del espacio anular entre el tubo interior y el exterior protegiendo así al testigo recuperado de cualquier daño.

**7.3.3.4** El **toma-muestras de tubo triple** es similar en construcción al de tubo doble pero que tiene un tercer tubo dentro del tubo interior.

**7.3.3.5** Tanto al toma-muestras de tubo doble como al de tubo triple se le pueden acoplar extensiones a sus tubos interiores que pasen a través de la corona, para su uso en formaciones muy blandas.

**7.3.3.6** Las muestras que se obtienen con éste método son testigos y detritos. El toma-muestras de tubo simple sólo permite recuperar testigo en formaciones consolidadas, mientras que los toma-muestras de tubo doble y tubo triple se pueden usar en todas las formaciones rocosas. A todos estos tipos de toma-muestras se les puede acoplar revestimientos de plástico dentro del tubo interior para ayudar a la recuperación de testigo y proteger al testigo recuperado.

**7.3.3.7** Normalmente se considera como método de muestreo de categoría B a la toma de muestras mediante perforación a rotación con toma-muestras de tubo simple o tubo doble. El método de toma de muestras mediante toma-muestras de tubo triple normalmente se considera de categoría A (véase la tabla 5).

#### **7.3.4 Toma de muestras mediante perforación con wireline**

**7.3.4.1** En la toma de muestras mediante perforación con wireline, el equipo de perforación hace rotar y penetrar en el macizo rocoso, por medio del varillaje de perforación con wireline, un toma-muestras de tubo doble o tubo triple con una corona en su extremo inferior. Esta acción introduce un testigo dentro del sistema de tubos. El diámetro del sondeo va de 70 mm a 180 mm. Cuando se ha completado la longitud de perforación del toma-muestras, se saca el tubo interior que contiene el testigo a través del varillaje de perforación por medio de un cable y un cabestrante. La corona, el tubo exterior y el varillaje de perforación permanece dentro del sondeo durante este proceso.

**7.3.4.2** La toma de muestras mediante perforación con wireline es un método de muestreo de categoría A.

#### **7.3.5 Toma de muestras de detrito en sondeos a destroza**

En la toma de muestras de detrito en sondeos a destroza se hace rotar e introducir en la roca un tricono, una trialeta o una corona de botones, generando detrito. Este detrito se lleva a la superficie con la ayuda de la velocidad del fluido de perforación y se recogen en la boca del sondeo. Normalmente, el diámetro del sondeo está comprendido entre 70 mm y 311 mm. Con este método no se produce ningún testigo, solamente detrito alterado y por tanto la categoría de muestreo es C.

#### **7.4 Toma de muestras en bloque**

**7.4.1** En la toma de muestras en bloque, los testigos se obtienen de una cata, galería de exploración, pozo o desde el fondo del sondeo usando toma-muestras especiales y con procedimientos de corte.

**7.4.2** Normalmente esta técnica de toma de muestras se considera como método de muestreo de categoría A.

#### **7.5 Toma de muestras integral**

**7.5.1** En la toma de muestras integral se pueden tomar testigos completos, orientados e inalterados para conservar las características del macizo rocoso – sin contaminar por los efectos de la perforación – en los testigos y para determinar las condiciones primarias de las discontinuidades naturales y su orientación.

**7.5.2** En esta técnica, se debe colocar un tubo central perforado en un sondeo pre-taladrado con un diámetro mínimo de 25 mm. Este sondeo pre-taladrado debe estar conectado con el material rocoso de alrededor en toda su longitud por medio de un material cementante apropiado, por ejemplo, cemento. Este material cementante se introduce por el tubo central sin presión. La muestra se debe recuperar sobre-perforando con un diámetro de testigo mayor y como mínimo de 100 mm, después de que el material cementante haya fraguado. Consecuentemente se debe elegir un método de muestreo de categoría B.

NOTA Para mayor información sobre la toma de muestras integral, véase la referencia [23] de la bibliografía.

## **8 MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA FINES GEOTÉCNICOS**

### **8.1 Generalidades**

**8.1.1** Se deben elegir los métodos de muestreo de agua subterránea de acuerdo con las necesidades. La calidad de una muestra de agua subterránea se caracteriza según sus constituyentes originales, tales como materia en suspensión, gases y sales disueltos, o según lo que se ha contaminado durante la perforación. El agua subterránea se puede muestrear para los siguientes fines:

- a) para determinar su agresividad al hormigón;
- b) para determinar su naturaleza corrosiva;
- c) para establecer cualquier riesgo a los sistemas de drenaje sub-superficiales y filtros debido a la colmatación y efectos similares;
- d) para identificar cambios en la calidad del agua subterránea resultantes de obras de construcción;
- e) para determinar su idoneidad para usarlos como agua de mezcla para materiales de construcción.

**8.1.2** Se debe especificar previamente el número, la localización y la profundidad de los puntos de muestreo en base a los problemas ingenieriles implicados y las condiciones geológicas e hidrogeológicas locales (véase la Norma EN 1997-2). Si se encuentra un grupo de acuíferos, puede ser necesario tomar muestras separadas de cada acuífero.

**8.1.3** Si se pretende tomar muestras de agua para análisis químicos, solamente se podrá usar aire y agua limpia como fluido de perforación.

### **8.2 Equipos**

**8.2.1** Para toma de muestras del agua subterránea se necesita el siguiente equipo mínimo:

- a) botellas de muestra limpias con tapón hermético;
- b) bomba;
- c) toma-muestras de agua subterránea;
- d) termómetro;
- e) caja aislada térmicamente o refrigerada para transportar las botellas de muestra.

**8.2.2** Se deben definir el equipo específico y las medidas con el objetivo de la toma de muestras de agua y los requisitos de laboratorio.

**8.2.3** Los contenedores de las muestras de agua deberían hacerse con un material inerte a los parámetros a determinar (por ejemplo polietileno, polipropileno o vidrio), y deberían estar limpios y completamente llenos.

### **8.3 Técnicas de toma de muestras de agua subterránea**

#### **8.3.1 Generalidades**

Las muestras se deben tomar de agua subterránea la cual haya entrado recientemente en la zona a investigar, teniendo cuidado de asegurar que cualquier agua estancada o contaminada se haya bombeado antes del muestreo. Para asegurar un correcto muestreo de los sondeos, se deben tomar medidas para descartar lo siguiente:

- a) entrada de agua desde la superficie o de otros acuíferos (debido a longitudes de tuberías selladas inadecuadamente a través de acuíclulos);
- b) entrada de aire por la acción de las herramientas de perforación;
- c) residuo del medio de perforación o sedimentos.

### 8.3.2 Extracción mediante bombeo

Cuando se extraiga el agua con bombas, el tubo tiene que tener un diámetro interno suficiente para permitir la toma de muestras. Para la extracción, se debe conectar un extremo de la manguera a la tubería de descarga de la bomba y el otro extremo se debe introducir en la botella de muestra hasta alcanzar su fondo. Si las muestras se toman de agua fluyendo a un ritmo alto (por ejemplo, durante ensayos de bombeos o trabajos de rebajamiento freático), el punto de extracción se debe localizar inmediatamente adjunto al pozo. Los parámetros *in situ* (conductividad, valor de pH, temperatura) deberían ser constantes antes de la toma de muestras.

### 8.3.3 Extracción mediante toma-muestras de agua

El toma-muestras se debe bajar lentamente hasta la profundidad requerida de modo que el agua entre a través del fondo o el lateral sin turbulencia. Se debería evitar cualquier contacto del toma-muestras con el aire durante el relleno y extracción.

### 8.3.4 Extracción mediante botellas de vacío

En suelos cohesivos y otros de baja permeabilidad, el agua se puede muestrear con botellas de vacío. Para este fin, se debe instalar una punta filtrante especial al nivel real de la toma de muestras bajo la superficie del nivel freático, al cual se baja una botella de vacío que aspira la muestra (véase el anexo D).

## 9 ESTACIONES DE MEDIDA DEL AGUA SUBTERRÁNEA Y PIEZÓMETROS

### 9.1 Generalidades

#### 9.1.1 Estaciones de medida del agua subterránea

**9.1.1.1** Para obtener datos de la magnitud, variación y distribución de las cotas del nivel freático o la presión intersticial en el terreno se deben instalar estaciones apropiadas de medida del agua subterránea.

**9.1.1.2** Se debe especificar el tipo y la disposición de las medidas de agua subterránea de acuerdo con la Norma EN 1997-2.

**9.1.1.3** Se debería evitar aditivos en el fluido de perforación cuando se ejecuten piezómetros. Cuando éstos se usen, se deben considerar los efectos en el filtro y en el terreno y, si es necesario, se deben tomar medidas especiales.

#### 9.1.2 Piezómetros

**9.1.2.1** Se pueden usar sistemas abiertos o cerrados para llevar a cabo las medidas de agua subterránea. La elección de uno u otro sistema se debería hacer dependiendo de la permeabilidad del terreno, el ritmo de cambio en la presión intersticial y la precisión requerida y duración de las medidas.

NOTA 1 En los sistemas abiertos se usa una tubería piezométrica para medir la cota del nivel freático en el punto de instalación en el terreno del filtro. Para la distribución de la presión hidrostática, la cota del nivel freático en acuíferos sin confinar corresponde a la superficie libre del nivel freático y en acuíferos confinados corresponde a la presión del agua subterránea. En los sistemas cerrados, la presión intersticial en el terreno se mide directamente con un transductor de presión. Por tanto, el transductor es una parte integral del sistema de medida.

NOTA 2 En acuíferos confinados, se puede atenuar considerablemente las medidas del nivel de agua en la tubería piezométrica o pueden estar sujetas a un intervalo de tiempo comparado con las variaciones de la presión del agua subterránea, dependiendo de la permeabilidad del acuífero. Cuando se usan sistemas abiertos en acuíferos confinados, las medidas de agua en la tubería piezométrica pueden estar sujetas a la atenuación y los intervalos de tiempo comparados con las variaciones en la presión intersticial. El flujo de agua requerido para el relleno y vaciado de la tubería piezométrica depende de la permeabilidad del terreno y de la superficie de la sección de la tubería.

**9.1.2.2** El nivel de agua medido en la tubería piezométrica de un sistema abierto se corresponde con la cota media del nivel freático potencial en la zona filtrante. En acuíferos homogéneos con un flujo de agua subterránea aproximadamente horizontal, la zona filtrante se puede extender sobre toda la profundidad del acuífero pues, en este caso, la cota del nivel freático potenciales virtualmente la misma a lo largo de la zona filtrante. Se pueden dar diferentes niveles freáticos potenciales a lo largo de la profundidad de acuíferos estratificados y en la proximidad de flujos de agua subterránea con secciones de flujo muy verticales. En este caso, la filtración solamente se debería llevar a cabo en secciones verticales del acuífero relativamente cortas para las que se debe determinar la cota del nivel freático potencial.

**9.1.2.3** En ambos sistemas se debería instalar un filtro en el terreno en la localización donde se debe medir la cota del nivel freático o la presión de poros. El filtro debe prevenir del ingreso de partículas de suelo en el sistema de medida.

**9.1.2.4** Todos los componentes y los equipos utilizados para la instalación en el terreno deben ser los suficientemente resistentes para la carga mecánica y el ataque químico de constituyentes en el agua subterránea. Se debe prevenir cualquier reacción entre los materiales utilizados y el terreno, en particular los efectos galvánicos.

**NOTA** Los efectos galvánicos pueden modificar la presión intersticial. Este efecto emana de gases generados por las corrientes eléctricas de pilas galvánicas creadas usando diferentes metales o aleaciones en la punta del piezómetro.

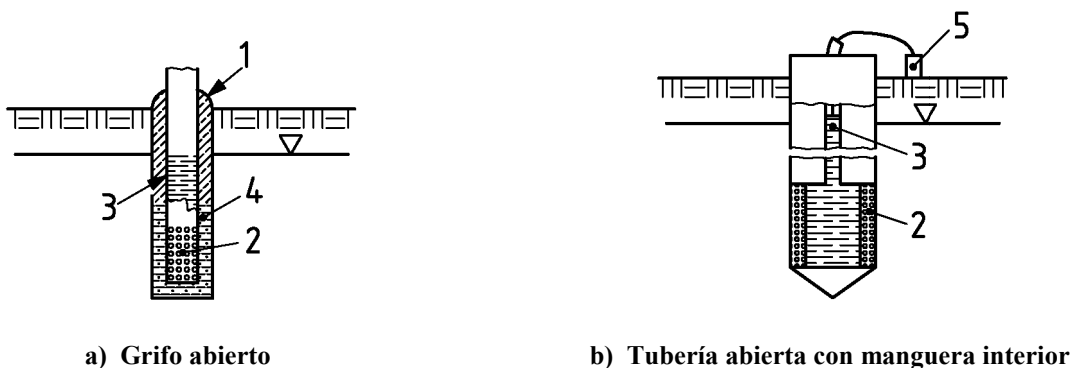
**9.1.2.5** Las estaciones de medida de agua subterránea deben posicionarse y asegurarse de tal modo que no se pongan en peligro a terceras partes. Se deben tomar medidas apropiadas para evitar cualquier riesgo a la estación de medida de agua debido a la contaminación, inundaciones, tráfico o heladas. Las medidas para proteger la instalación durante el periodo observacional se deben llevar a cabo como se requiera, por ejemplo, las normativas nacionales (véase el anexo E).

## 9.2 Piezómetros

### 9.2.1 Sistemas abiertos

**9.2.1.1** Los sistemas abiertos se pueden dividir en los dos grupos siguientes (véase la figura 6):

- a) tubo abierto;
- b) tubería abierta con manguera interior.



#### Leyenda

- 1 Sellado
- 2 Filtro
- 3 Tubo
- 4 Engravillado
- 5 Instrumento de medida

**Figura 6 – Ejemplos de sistemas abiertos**

**9.2.1.2** Los piezómetros en los sistemas abiertos deben estar formados por un filtro y una tubería piezométrica la cual se extiende hasta la superficie o por encima de ésta y permiten equilibrar el sistema con la presión atmosférica.

NOTA 1 Las observaciones del agua subterránea se pueden hacer en sondeos abiertos en suelos estables y en rocas.

NOTA 2 El agua subterránea puede oscilar libremente en la tubería piezométrica. Las medidas del agua subterránea en las tuberías piezométricas se pueden realizar o bien determinando el nivel de agua, o bien midiendo la presión en la tubería piezométrica a la profundidad especificada bajo la superficie del agua. En los sistemas abiertos la presión se determina en relación con la presión atmosférica real en la superficie del terreno.

**9.2.1.3** Las medidas se deben registrar tanto manualmente (por ejemplo, con un calibre de contacto eléctrico) o automáticamente (por ejemplo, con transductor de presión).

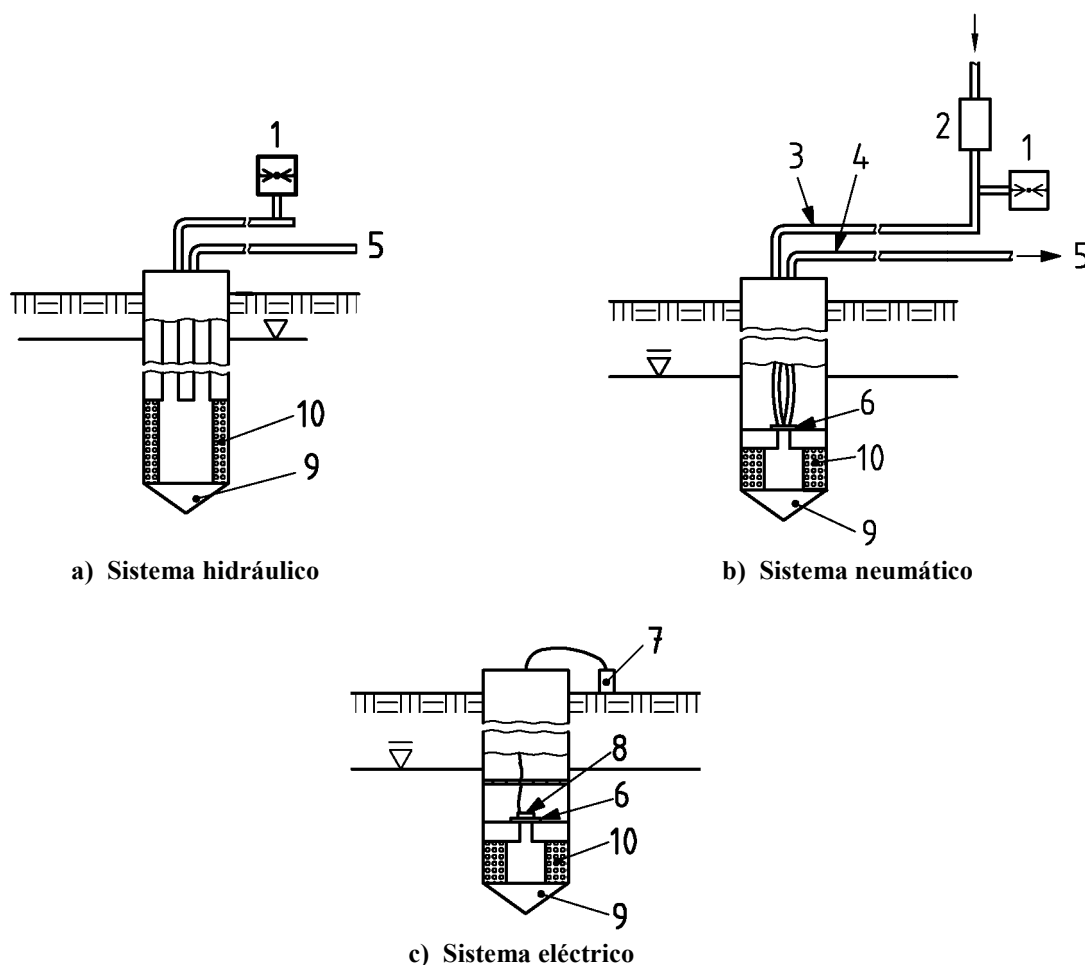
**9.2.1.4** Dependiendo del diseño, los sistemas abiertos deberían usarse para medir cotas de nivel freático en suelos de permeabilidad media a alta o rocas. En general, no deberían usarse para determinar cotas de nivel freático o medir cambios rápidos en la presión intersticial en suelos y rocas de baja permeabilidad.

## **9.2.2 Sistemas cerrados**

### **9.2.2.1 Generalidades**

**9.2.2.1.1** Los piezómetros en los sistemas cerrados deben estar formados por un encamisado robusto que se instala en el terreno con un filtro en el extremo inferior (punta filtrante) y una cámara rellena de agua, detrás de la cual se transmite la presión al dispositivo de medida. Se deben usar filtros con un valor suficientemente alto de entrada de aire. Las medidas de presión se pueden realizar usando sistemas de medida como los mostrados en la figura 7:

- sistemas de medida hidráulicos;
- sistemas de medida neumáticos;
- sistemas de medida eléctricos.



## Leyenda

- 1 Transductor de presión
- 2 Regulador de flujo
- 3 Tubo de alimentación de presión
- 4 Tubo de retorno a la atmósfera
- 5 Válvula de fluido
- 6 Membrana
- 7 Instrumento de medida
- 8 Transductor eléctrico
- 9 Punta filtrante
- 10 Filtro

Figura 7 – Ejemplos de sistemas cerrados

**9.2.2.1.2** El tamaño de poros y el valor de entrada de aire del filtro debe seleccionarse en base al suelo *in situ* y la presión intersticial esperada para así prevenir la entrada de burbujas aire.

**9.2.2.1.3** Las presiones intersticiales se deben expresar en relación a la presión atmosférica en la superficie del terreno. Cuando se use un transductor de presión absoluta, se deberían determinar simultáneamente la presión intersticial absoluta en el lugar de emplazamiento de la instalación y la presión atmosférica real en la superficie del terreno.



**9.2.2.1.4** Se pueden usar los sistemas cerrados para medir presiones intersticiales y, por consiguiente, para determinar la distribución del potencial del agua subterránea en todos los tipos de suelo. En particular, se usan los sistemas cerrados cuando se quiere determinar la presión intersticial en suelos y rocas con muy baja permeabilidad, midiendo cambios rápidos en la presión intersticial y en las condiciones artesianas. Los sistemas de medida eléctricos deberían usarse cuando se hagan medidas de cambios rápidos en la presión intersticial y registros de datos continuos. Solamente se pueden utilizar los sistemas cerrados en aplicaciones a largo plazo (es decir, durante varios años) cuando esté disponible un nivel adecuado de redundancia o si el sistema se puede chequear y calibrar repetidamente.

**9.2.2.1.5** Para un cierto proyecto, se debe anticipar la precisión requerida de las medidas para que así se pueda elegir el equipo adecuado para el proyecto.

Teniendo en cuenta todas las posibles fuentes de error y la compensación de la presión atmosférica, la precisión de las medidas no debería ser menor de 1 kPa en el rango de 1 kPa a 100 kPa y 2 kPa para valores mayores de 100 kPa.

### **9.2.2.2 Sistemas hidráulicos**

En los sistemas hidráulicos, la presión intersticial se debe transmitir por un tubo relleno de fluido de presión a un transductor de presión en la superficie del terreno. El sistema debe permitir la retirada de burbujas de gas atrapadas en él. Debe estar protegido de las heladas.

No se deben utilizar los sistemas hidráulicos si la diferencia geodésica en los niveles entre la presión del transductor en la superficie del terreno y la superficie del nivel freático o la superficie del agua subterránea o la presión del agua subterránea exceden sobre 7 m en sistemas rellenos de agua y sobre 9 m en sistemas rellenos de aceite, a fin de evitar la cavitación en el tubo de presión.

### **9.2.2.3 Sistemas neumáticos**

Los sistemas neumáticos deben tener una membrana situada detrás del filtro y dos tubos (uno para suministro y otro para retorno) conectando la parte de atrás de la membrana con los instrumentos de medida y control localizados en la superficie del terreno. Para todas las medidas se debe asegurar un flujo constante de aire comprimido en el tubo suministrador con un caudalímetro y controlador de caudal. Se debe usar gas seco para evitar condensaciones en los tubos. No pueden tomarse lecturas hasta que los valores medidos permanezcan constantes respecto al objetivo requerido.

**NOTA** La membrana cierra la conexión entre el tubo suministrador y el tubo de retorno antes de que el tubo suministrador se presurice. Para realizar la medida, se incrementa la presión de aire en el tubo suministrador hasta que la presión de aire en la parte posterior de la membrana sea igual a la presión intersticial actuando en la parte posterior de la membrana y los elevadores de la membrana, conectando así con el tubo de retorno. El pequeño exceso de presión requerido para abrir la membrana se mantiene constante. La presión se mide con un transductor de presión en el tubo suministrador después de que se haya alcanzado el flujo de aire constante especificado. Debido al tubo abierto de retorno, el sistema neumático siempre mide la presión en relación con la presión atmosférica real en la superficie del terreno. Para prevenir que se sobrecargue la membrana, se incrementa el flujo de aire gradualmente de modo que la membrana sólo se eleva ligeramente. Mientras la membrana se cierra antes de que se presurice el tubo de suministro, la carga es virtualmente independiente de la presión intersticial. Por tanto, los sistemas neumáticos son muy poco susceptibles a desviarse. No es posible comprobar directamente ni la membrana ni el filtro durante la operación.

### **9.2.2.4 Sistemas eléctricos**

Los sistemas eléctricos miden las presiones intersticiales relativa o absoluta usando un transductor eléctrico colocado detrás del filtro. Cuando se mide la presión intersticial absoluta, se debe medir simultáneamente la presión atmosférica en la superficie del terreno.

**NOTA** Se mide la presión en relación a la presión atmosférica en superficie si el transductor de presión en su lado no expuesto a la presión intersticial se ajusta con medios de equalización de la presión con la presión atmosférica (por ejemplo, un tubo de ventilación). Los sistemas de registro de datos eléctricos son comparativamente robustos mientras se coloquen el filtro, la membrana y el sensor eléctrico en una caja protectora robusta y los datos se transmitan a la superficie a través de cables eléctricos que son relativamente insensibles a las alteraciones. Los datos se pueden medir y registrar tanto con un dispositivo de lectura como por un medidor continuo. Sin embargo, los sistemas eléctricos son muy sensibles a las sobrecargas hidráulicas al actuar la presión intersticial directamente en la membrana. El movimiento constante y la tensión también someten a la membrana a un alto nivel de sobrecarga, que afecta su funcionamiento a largo plazo. No es posible comprobar directamente el filtro, la membrana o el transductor de presión eléctrica durante la operación a menos que se utilice el sistema de toma de datos de transducción de presión.

### **9.3 Instalación de piezómetros**

#### **9.3.1 Ejecución**

##### **9.3.1.1 Generalidades**

**9.3.1.1.1** Antes de configurar un piezómetro, se debe redactar y documentar un plan de instalación.

**9.3.1.1.2** Si se desconocen las condiciones del terreno, primero se debe realizar una investigación de las propiedades del suelo o la roca. En suelos estratificados, se debe considerar la variación del potencial del agua subterránea con la profundidad para elegir el nivel de instalación y la longitud del filtro.

**9.3.1.1.3** La instalación de piezómetros no debe afectar permanentemente ni el flujo de agua subterránea y ni su calidad, y se debe hacer de tal forma que las condiciones del agua subterránea se puedan medir correctamente de acuerdo con el diseño. Cualquier conexión hidráulica abierta entre diferentes capas durante la instalación, se debe cerrar de nuevo inmediatamente por medio de sellos adecuados y antes de realizar las medidas. Para prevenir la precipitación, condensación y filtraciones de agua entrando directamente al sistema, se debe sellar la superficie del terreno. La instalación del piezómetro se debe documentar en un registro (véase 12.1.7).

**9.3.1.1.4** Al finalizar la operación, se debe establecer la posición y la cota (por ejemplo, la altura del extremo superior de la tubería de medida abierta, sobre el nivel de referencia para la medida del agua subterránea) y se debe documentar en un plano de localización.

**9.3.1.1.5** Se deben realizar medidas de protección tal y como se requieran.

##### **9.3.1.2 Sistemas abiertos**

**9.3.1.2.1** Los sistemas abiertos se pueden instalar en sondeos o se puede colocar la tubería piezométrica en el terreno amartillándola, empujándola o con ayuda de jets de agua.

**9.3.1.2.2** Cuando se instalan las tuberías piezométricas en sondeos, se debe realizar un sondeo por cada capa freática y por cada tubería. Si en un sondeo se debería instalar más de un piezómetro, se debe demostrar que el equipo y el procedimiento permite tomar medidas correctas en todas las capas. Se debe prestar especial atención a las dificultades con respecto del sellado de las capas de agua subterránea para prevenir conexiones entre ellas. Las uniones roscadas de las tuberías que atraviesen varias capas freáticas deben ser herméticas. Se debería restringir a casos especiales la instalación de varias tuberías piezométricas en un solo sondeo. Los diámetros elegidos para los taladros deben depender de la configuración del sondeo y la profundidad de la perforación previstas.

**9.3.1.2.3** Los piezómetros abiertos están compuestos por un filtro colocado en tuberías filtrantes para impedir la entrada de partículas de suelo y tuberías de paredes macizas colocadas sobre el filtro y que lleguen hasta la superficie del terreno.

**9.3.1.2.4** La tubería piezométrica se debe dimensionar y construir de tal manera que realice su cometido de manera segura durante la instalación y medida.

**9.3.1.2.5** Los tipos de filtros y tuberías filtrantes se deben elegir de acuerdo con la estructura del terreno y el método de instalación.

**9.3.1.2.6** Si se usa un paquete filtrante, el material filtrante debe envolver la tubería completamente y se debe prolongar sobre el sondeo al menos dos veces su diámetro para permitir posibles asentamientos. La parte superior del paquete filtrante no debe ser mayor que la parte superior de la capa a estudiar. Se debe colocar la arena o grava filtrante continuamente y en pequeñas cantidades para evitar el puenteo ( $D_{\text{máx}}$  menor del 15% del espacio anular libre). Las tuberías filtrantes y las tuberías de paredes macizas se deben instalar con centradores para asegurar que el espacio anular se rellene completamente. Se debe colocar un sello por encima del paquete filtrante para evitar que se iguale la presión a través del área exterior a la tubería.

**9.3.1.2.7** Para asegurar la estabilidad del filtro, se debe evaluar el grosor y la gradación del paquete filtrante en función de la gradación del terreno de alrededor y el fin de las medidas. La construcción de la pantalla filtrante se debe elegir en función del paquete filtrante. Generalmente, se requieren los paquetes filtrantes en los sistemas abiertos para impedir la entrada de partículas sólidas en el filtro y lo colmaten. Deben ser estables al terreno de alrededor y al sellado.

**9.3.1.2.8** La longitud y la profundidad de la tubería filtrante depende de las condiciones del terreno y de su función prevista.

**9.3.1.2.9** Cuando se instalan piezómetros en sondeos, se deben sellar todas la capas con diferentes alturas de cabeza se deben sellar con arcilla expansiva o inyectando una suspensión. La arcilla expansiva que se usa (por ejemplo, en bolitas, gotas o granos) debe tener buenas propiedades de puesta para asegurar que la todo el anillo se ha rellenado uniformemente a lo largo de altura requerida.

**9.3.1.2.10** Se debería colocar la suspensión de sellado por medio de tubos de inyección, colocados en el espacio anular o con un dispositivo de inyección insertado en el revestimiento. El proceso de inyección debe realizarse sin interrupciones desde el fondo del sondeo hasta su parte superior.

**9.3.1.2.11** La altura del sello y del material de sellado depende del grosor y de la permeabilidad de la capa a sellar. No debe ser inferior de 1 m.

**9.3.1.2.12** Se debe evitar la entrada de agua superficial con un sello de arcilla expansiva el cual debería ser de al menos 1 m de altura y debería instalarse al menos 0,5 m por debajo de la profundidad de heladas. En los lugares donde los piezómetros poco profundos y no permitieran este sellado, el sellado debe instalarse entre el nivel del terreno y la parte superior del paquete filtrante. Los piezómetros se deben proteger de levantamientos provocados por heladas instalando material a prueba de heladas entre el sellado y la superficie del terreno.

**9.3.1.2.13** Para todas las estaciones de medida de agua subterránea debería prepararse una presentación gráfica de la instalación de con los estratos de suelo y roca correspondientes (véase 12.1.7).

**9.3.1.2.14** Si se precisa, las tuberías piezométricas deberían tener cubierta y estar precintadas.

### **9.3.1.3 Sistemas cerrados**

**9.3.1.3.1** Antes y durante la instalación, se deben saturar los filtros y se debe calibrar el sistema (véase 10.1.3).

NOTA El método preferido para la saturación es el hervido o el hervido en vacío.

**9.3.1.3.2** Se debe evitar cualquier contaminación (por ejemplo, con sustancias grasas o aceitosas como puede ser tocar el sistema) y la saturación insuficiente durante el almacenaje y el transporte, que afecte la permeabilidad del filtro.

Existen los siguientes métodos para instalar sistemas cerrados dependiendo de las condiciones del terreno y de las profundidades de instalación:

- empujando o conduciendo el piezómetro hasta la profundidad de instalación;
- empujando el piezómetro después de pre-taladrar;
- colocando el piezómetro en un sondeo.

Al elegir uno de los métodos anteriores, se deben realizar una serie de consideraciones para asegurar que va a haber un buen contacto entre la presión intersticial y el transductor.

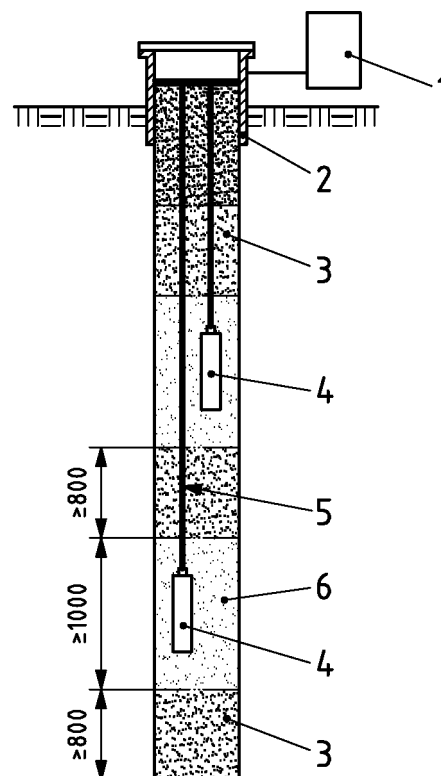
**9.3.1.3.3** Se deben usar piezómetros con puntas colocadas a presión cuando se instale un piezómetro empujado. Se usan tuberías de extensión para empujar el piezómetro en el terreno. El diámetro de las tuberías sobre el metro menor debe ser igual o mayor que la punta colocada a presión para prevenir la inundación del filtro.

**9.3.1.3.4** Si se pretende reutilizar el piezómetro empujado (por ejemplo, después de las operaciones de medida a corto plazo), las tuberías se dejan en el terreno hasta que se retira todo el piezómetro. De otro modo, las tuberías de extensión se deberían retirar después de que el piezómetro se haya colocado para evitar alterar el terreno sobre él, particularmente en el caso de un terreno susceptible de asentar (por ejemplo, terraplenes). Se debería dejar en el terreno un tramo de tubería de al menos 1 m de longitud sobre la punta colocada a presión y el filtro, para hacer de sello. Cuando se retiren las tuberías de extensión, se debería sellar la cavidad resultante rellenándola hasta la superficie del terreno con un lodo adecuado de menor permeabilidad que la del terreno original.

**9.3.1.3.5** En suelos de baja permeabilidad, el empuje puede provocar un considerable exceso de presión intersticial localizado. Por tanto, hay un riesgo de que se dañen los transductores utilizados en los sistemas eléctricos, en los cuales la presión intersticial actúa directamente sobre la membrana. (Por ejemplo un desfase del cero debido a una deformación irreversible de la membrana). Se debería evaluar la sobrecarga con mediciones o con otros medios. El exceso de presión intersticial durante el empuje se puede reducir bajando el ritmo de empuje. También se puede evitar sobrecargas en la membrana usando un transductor de toma de datos durante la introducción para controlar la presión.

**9.3.1.3.6** Los piezómetros colocados en taladros perforados por debajo del nivel de medida, se deben instalar en un paquete filtrante saturado. Se debe colocar un sello sobre el paquete filtrante. En condiciones artesianas del agua subterránea, es necesario perforar con presión de agua suficientemente alta en el revestimiento. Se pueden instalar el piezómetro y el sellado en el revestimiento después del desplazamiento del agua subterránea. En los lugares donde la entrada de agua es baja debido a una baja permeabilidad de la capa en condiciones confinadas, los piezómetros deberían instalarse preferiblemente empujando (véase la figura 8).

Medidas en milímetros



Leyenda

- 1 Instrumento de medida
- 2 Tapón protector
- 3 Tapón de bentonita
- 4 Piezómetro
- 5 Cable eléctrico
- 6 Filtro de arena

**Figura 8 – Sistema cerrado en un sondeo con paquete filtrante y sellado**

**9.3.1.3.7** Las medidas incorrectas que se obtienen en los sistemas de medida de agua subterránea cerrados con transductores neumáticos se pueden deber a que se formen gotas de condensación en el sistema de tubos. Las gotas se pueden limpiar ventilando los tubos con un gas seco. Además, hay riesgo de sobrecargar la membrana de medida sobre la cual el aire ejerce una succión, si la presión en el tubo de suministro se incrementa demasiado rápido. En concreto, en suelos de baja permeabilidad, el exceso de presión intersticial corresponde a la presión de aire que se genera inicialmente en la parte anterior de la membrana. La membrana se puede sobre-estirar cuando desciende el exceso de presión intersticial, produciendo valores de medida incorrectos.

### **9.3.2 Comprobación de la instalación**

#### **9.3.2.1 Generalidades**

Si es posible, se deben realizar controles del funcionamiento durante la instalación e inmediatamente después de la instalación para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de medida de agua subterránea. Se debe preparar un registro de instalación para cada piezómetro (véase 12.1.7).

#### **9.3.2.2 Sistemas abiertos**

Se debe comprobar el relleno mediante sondas de control. Se debe comprobar el funcionamiento de los piezómetros abiertos antes de la puesta en servicio. Después de leer el nivel de agua estable, se debe elevar o rebajar el nivel de agua de la tubería piezométrica abierta y se debe medir y registrar el ascenso/caída. También se debería purgar la estación de medida hasta que corriera agua limpia.

#### **9.3.2.3 Sistemas cerrados**

**9.3.2.3.1** En el caso de los equipos de medida de agua subterránea cerrados, después de la lectura no se debe hacer ningún control de funcionamiento directo por medio de dispositivos de lectura.

**9.3.2.3.2** En los sistemas neumáticos, la presión de aire se debe aplicar al tubo de suministro después del proceso de control de instalación y estabilización hasta que se obtiene una presión constante bajo el flujo especificado. El proceso se debería repetir después de liberar la presión de aire en el tubo de suministro con fines de control. La presión se debería graficar frente al tiempo para comprobar si el piezómetro está funcionando.

**9.3.2.3.3** El sistema hidráulico y su correspondiente dispositivo de lectura se deberían aislar de las heladas y las variaciones térmicas.

**9.3.2.3.4** Los sistemas hidráulicos se deberían purgar de burbujas de aire antes de conectarlos.

**9.3.2.3.5** Todas las tuberías, tubos y cables de los sistemas cerrados deben protegerse de daños mecánicos entre el punto de medida y el dispositivo de lectura, por ejemplo, en zanjas excavadas y rellenadas.

**9.3.2.3.6** Se debe observar y registrar la respuesta después de conectar el dispositivo de lectura.

### **9.4 Mantenimiento**

**9.4.1** Para asegurar el correcto funcionamiento de los piezómetros, se deben realizar regularmente controles de mantenimiento durante la vida útil dependiendo del propósito del piezómetro y cuando se sospeche de que el filtro se ha colmatado.

**9.4.2** Las comprobaciones del funcionamiento de los sistemas abiertos se deben realizar de acuerdo con el apartado 9.3.2.2 y para los sistemas cerrados de acuerdo con el apartado 9.3.2.3. Los resultados se deben comparar con las primeras comprobaciones.

**9.4.3** Si los resultados de las comprobaciones de funcionamiento del piezómetro abierto difiere considerablemente de las primeras comprobaciones, se deben adoptar las siguientes medidas:

- a) si es posible, se debe medir la longitud interior total del piezómetro para determinar la cantidad de lodo que se debe quitar;
- b) normalmente se puede realizar la reactivación del piezómetro purgando la tubería piezométrica con agua o aire limpios, usando por ejemplo un tubo rígido empujado hasta el fondo de la tubería; la purga se debe realizar hasta que el agua que salga esté limpia;
- c) después de la reactivación del piezómetro, se debe realizar una comprobación de funcionamiento adicional y los resultados se deben comparar con las primeras comprobaciones.

**9.4.4** Si la reactivación falla, se debe considerar realizar una nueva instalación.

## **9.5 Retirada**

Se deben desinstalar los piezómetros cuando se precise y el sondeo se debe volver a rellenar de acuerdo con el apartado 5.5.

## **10 MEDIDAS DE AGUA SUBTERRÁNEA**

### **10.1 Calibración**

#### **10.1.1 Generalidades**

**10.1.1.1** Todos los sistemas de medida usados se deben calibrar antes de poner en servicio al piezómetro. Esto se aplica tanto a equipos nuevos como a equipos usados. Se deben calibrar todas las partes del sistema de medida que afecten a la precisión de las mediciones.

**10.1.1.2** Se deben documentar los resultados de la calibración en un informe, el cual, además de una descripción del procedimiento de calibración, debe incluir toda la información requerida para evaluar las medidas (véase 12.1.8.2).

#### **10.1.2 Sistemas abiertos**

Solamente se necesitan calibrar los sistemas abiertos de medida de agua subterránea si se usa un transductor de presión en la tubería piezométrica. El nivel de agua en la tubería piezométrica se debe determinar midiendo la diferencia entre el nivel del punto de medida (es decir, el extremo superior de la tubería piezométrica) y aquel punto del transductor de presión con respecto a las medidas (por ejemplo, la membrana).

#### **10.1.3 Sistemas cerrados**

Los transductores en los sistemas cerrados de medida de agua subterránea se deben calibrar antes de la instalación completa del sistema de medida en el terreno pues, al contrario que en los sistemas abiertos, normalmente no es posible la posterior comprobación de la calibración. Los transductores se deben calibrar junto con el dispositivo de lectura que se use en campo, paso a paso, hasta que se alcance la presión máxima especificada. Se debe establecer la diferencia entre el nivel de la membrana en los transductores de los sistemas de medida neumáticos o eléctricos y el punto medio del filtro, que normalmente se localiza bajo ellos, para permitir corregir los valores medidos en campo. Los sistemas de medida neumáticos se deben calibrar completamente con todo el equipo y los tubos a usar en campo y con el flujo de gas requerido para hacer que la membrana se levante al realizar las medidas. Los sistemas eléctricos también se deben calibrar completamente con todo el equipo y los tubos a usar en campo. Cuando se calibren los transductores que midan presión absoluta, se debe medir simultáneamente la presión atmosférica.

## **10.2 Ejecución de las medidas**

### **10.2.1 Generalidades**

**10.2.1.1** Las medidas se deben comprobar si se detecta alguna influencia en la instalación del sistema de medida o si ocurren intervalos de tiempo inexplicables o fluctuaciones del agua subterránea en comparación con otras medidas.

NOTA Los efectos de la instalación son, por ejemplo, efectos del fluido de perforación (cambio de la densidad del agua), exceso de presión intersticial, colmatación, comunicación entre acuíferos.

**10.2.1.2** Los resultados de las medidas se deben documentar en un informe que permita relacionar los valores medidos con un estrato particular e interpretarlos inequívocamente (véase 12.1.8).

### **10.2.2 Sistemas abiertos**

**10.2.2.1** Se pueden realizar medidas de agua subterránea en piezómetros abiertos en intervalos de tiempos separados (por ejemplo manualmente con una sonda de nivel de contacto eléctrica) o de forma continua (por ejemplo, con transductores de presión, tuberías y registradores). También se debe medir la presión atmosférica cuando se usen transductores de presión que midan la presión absoluta. Para medidas manuales, la altura del potencial del agua subterránea se determina midiendo la distancia entre el nivel identificado del punto de medida en la cabeza del piezómetro y el nivel de agua en la tubería piezométrica. Cuando se mide la presión en la tubería piezométrica, la altura del potencial del agua subterránea se determina teniendo en cuenta la distancia entre el nivel del punto de medida y el nivel de medida del transductor de presión, y, en caso necesario, la presión atmosférica. Las lecturas continuas automatizadas se deben comprobar al menos cada seis meses midiendo el nivel de agua en la tubería piezométrica manualmente.

**10.2.2.2** Se debe determinar el intervalo de tiempo del sistema abierto de medida de agua subterránea.

### **10.2.3 Sistemas cerrados**

**10.2.3.1** Las medidas en los piezómetros cerrados con transductores neumáticos se llevan a cabo incrementando la presión de gas en el tubo de suministro hasta que se alcance la velocidad de flujo requerida para levantar la membrana. La presión se debe controlar gradualmente para permitir que se igualen la sub-presión y la presión intersticial que actúa al otro lado de la membrana y además, para evitar la sobrecarga de la membrana. Se deben corregir los valores medidos con la diferencia de presión hidrostática calculada de la diferencia de alturas entre el nivel de la membrana y el punto medio del filtro basado en la calibración.

**10.2.3.2** Se deberían usar piezómetros cerrados con transductores eléctricos, en particular para el registro continuo de datos a intervalos regulares y cortos. Para transductores sin igualación de presión atmosférica, también se debe registrar la presión atmosférica en la superficie del terreno en los mismos tiempos de medida. Cuando sea necesario, los valores medidos se deben corregir con la presión atmosférica en base a la calibración y con la diferencia de presión hidrostática calculada de la diferencia de nivel entre la membrana y el punto medio del filtro, del mismo modo que para los sistemas neumáticos.

## **11 MANIPULACIÓN, TRANSPORTE Y ALMACENAJE DE LA MUESTRAS**

### **11.1 Generalidades**

**11.1.1** El manejo con respecto a esta parte de la Norma ISO 22475 empieza cuando la muestra se saca del toma-muestras.

**11.1.2** Se deben conservar las condiciones significativas del testigo de suelo o roca que estaban presentes cuando se sacó el testigo del toma-muestras.

**11.1.3** Se deben tener en cuenta las leyes nacionales o las normativas en cuestión de seguridad cuando se transporten testigos con materiales peligrosos conocidos o que se sospeche que puedan contenerlos.

**11.1.4** Cada envío debe acompañarse de un registro de trazabilidad distinto de modo que la posesión del testigo sea rastreable desde la recolección hasta la llegada del envío al laboratorio.

**11.1.5** Cuando se transfiera la posesión de los testigos, la(s) persona(s) dando y recibiendo los testigos deben firmar, fechar, registrar la hora y comprobar completamente el registro de trazabilidad.

**11.1.6** En todo momento se debe proteger cada testigo de suelo o roca de la luz directa del sol, el calor, las heladas y la lluvia.

## **11.2 Materiales de conservación y contenedores de testigos**

El tipo de materiales de conservación y contenedores de testigos dependen de las categorías de muestreo (A, B y C) y del clima, el modo de transporte y la distancia. Los materiales de conservación y contenedores de testigos incluyen:

- a) cera de sellado, por ejemplo, cera microcristalina;
- b) discos metálicos de 2 mm de grosor, con un diámetro un poco menor del diámetro interior del tubo de revestimiento o anillo y para usar junto con la cera o tapones y cinta;
- c) cinta adhesiva impermeable;
- d) tapones, tanto de plástico como de metal o goma, para colocar sobre el extremo de los tubos de pared delgada junto con la cinta o la cera;
- e) junta tórica (sellos y tapas) usada para sellar los extremos de los testigos dentro de los tubos de pared delgada estirando mecánicamente la junta contra las paredes del tubo;
- f) bote con tapa, por ejemplo de 250 ml, 500 ml y 1 000 ml;
- g) cubos de plástico;
- h) botes de cristal;
- i) papel de aluminio;
- j) bolsas de plástico;
- k) material de empaquetar, para proteger de las vibraciones y los golpes;
- l) aislantes para los cambios de temperatura, por ejemplo, gránulos (plomo), espuma;
- m) contenedores de envío, de tipo cilíndrico o cajas, y de construcción apropiada para proteger de las vibraciones, golpes y de elementos hasta el grado requerido.

## **11.3 Manipulación de los testigos**

### **11.3.1 Manipulación de testigos de suelo o roca de acuerdo con las categorías de muestreo A y B**

**11.3.1.1** Las bolsas de plástico se deben colocar alrededor de la muestra lo más pegadas posible.



**11.3.1.2** Los tapones de los cubos de plástico y botes o botes de cristal se deben colocar alrededor de la muestra lo más pegados posible y deben ser herméticos. Los botes de cristal precisan de anillos de sellado adicionales para asegurar su hermetismo.

**11.3.1.3** Se deben sellar los extremos del testigo con obturadores de plástico expansibles o con relleno de suelo y tapones para mantener sus condiciones por un periodo especificado (véase la figura 9).

NOTA Para sellados a largo plazo, se puede usar cera microcristalina con un contenido de hasta un 15% de cera de abeja, parafina o resina, para evitar fisuras de retracción.

**11.3.1.4** Los testigos de roca cilíndricos, cúbicos u otros, envueltos en plástico o papel de aluminio, además se pueden proteger con tres capas de cera.

### **11.3.2 Manipulación de muestras de agua**

Normalmente, los contenedores de muestra de agua se deben guardar lejos de la luz, rellenos y aislados térmicamente o refrigerados, sin ningún contacto con otros materiales que pudieran afectar la calidad del agua. Deberían transportarse al laboratorio diariamente.

### **11.4 Etiquetado de los testigos**

**11.4.1** Todos los testigos se deben numerar, documentar, etiquetar y sellar inmediatamente después del muestreo.

**11.4.2** La etiqueta debe mostrar la siguiente información:

- a) identificación del proyecto;
- b) identificación de la cata, sondeo, etc.;
- c) fecha del muestreo;
- d) identificación del testigo;
- e) categoría de muestreo;
- f) profundidad del testigo desde el nivel de referencia.

**11.4.3** Los testigos se deben marcar de modo de que no haya dudas de la parte superior e inferior del testigo. La etiqueta debería indicar el tipo de suelo y roca, la meteorización y si es factible, posibles discontinuidades visualmente identificables.

### **11.5 Transporte de los testigos**

#### **11.5.1 Transporte de testigos de suelo**

##### **11.5.1.1 Toma de muestras de categoría A**

**11.5.1.1.1** Los testigos de suelo obtenidos de acuerdo con la categoría de muestreo A se deben preservar en sus tubos o contenedores. Los testigos en cajas porta-testigos se deben transportar horizontalmente.

**11.5.1.1.2** Los bloques y los testigos especiales sin tubo alguno, se deben envolver in una película de plástico adecuada o/y en papel de aluminio y darles varias capas de cera o sellarlos en varias capas de tela y cera.

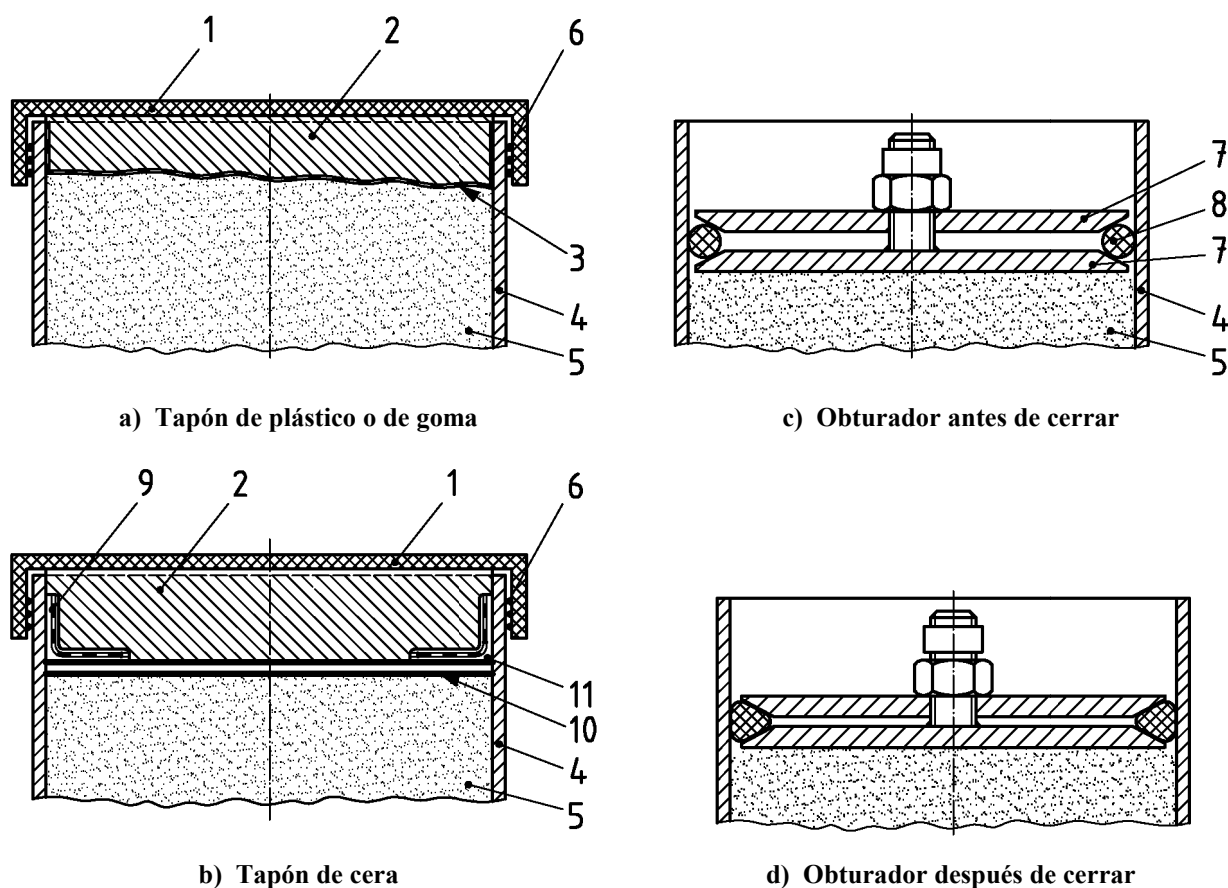
**11.5.1.1.3** Los testigos se deben proteger de vibraciones, golpes y temperaturas extremas. Los testigos solo se deben colocar en cajas sólidas en las que los testigos se acoplan de manera cómoda evitando que se choquen, rueden, se caigan, etc.

**11.5.1.1.4** Para todos los otros métodos de transporte de testigos, se deben colocar los testigos sellados en contenedores de envío adecuados que ofrezcan amortiguamiento y/o aislamiento al testigo o al contenedor.

**11.5.1.1.5** El material de amortiguamiento (serrín, goma, poliestireno, gomaespuma o material con similar elasticidad) deben cubrir completamente a los testigos de modo que no se alteren durante el transporte.

**NOTA** Un elemento amortiguador adecuado entre los testigos y las paredes de las cajas de envío puede tener un espesor mínimo de 25 mm. En la base del contenedor este espesor puede ser de al menos 50 mm.

**11.5.1.1.6** El contenedor de envío puede ser de madera, metal, plástico o estireno y debe cumplir con los requisitos para el correcto transporte de las muestras.



**Leyenda**

- 1 Tapón de plástico o goma
- 2 Suelo para rellenar el espacio entre el final del tubo y la muestra
- 3 Lámina de plástico
- 4 Tubo toma-muestras
- 5 Muestra
- 6 Bordes de sellado
- 7 Chapa metálica
- 8 Sello de goma
- 9 Cinta adhesiva
- 10 Dos capas de cera fundida
- 11 Tapón de cera

**Figura 9 – Ejemplos de sellado y preservación de los testigos**

### **11.5.1.2 Toma de muestras de categoría B**

**11.5.1.2.1** Los testigos de suelo obtenidos de acuerdo con la categoría de muestreo B se deben preservar y transportar en contenedores sellados y protegidos de la humedad. Todos los contenedores deben tener el espesor y la resistencia suficientes para asegurar que no se rompan y no pierdan humedad.

**11.5.1.2.2** Se pueden usar los siguientes tipos de contenedores:

- botes de vidrio o plástico impermeables;
- tubos de pared delgada, revestimientos o anillos;
- tapones o tapas.

**11.5.1.2.3** Los testigos cilíndricos o cúbicos se deben envolver en una película de plástico adecuada y/o papel de aluminio y se deben proteger con varias capas de cera o sellar con varias capas de tela y cera.

**11.5.1.2.4** Estas muestras se tienen que transportar en contenedores de envío mayores, por ejemplo, bolsas, cuencos de cartón o cajas de madera y en un medio de transporte disponible.

### **11.5.1.3 Toma de muestras de categoría C**

Los testigos obtenidos de acuerdo con la categoría de muestreo C se pueden transportar en cualquier tipo de contenedor y en cualquier medio de transporte disponible. Si se tiene que determinar el contenido de agua de los testigos se deben usar contenedores herméticos.

## **11.5.2 Transporte de testigos de roca**

### **11.5.2.1 Generalidades**

Cuando el testigo de roca sea susceptible a deteriorarse, se tiene que completar un registro detallado sobre el emplazamiento de la perforación o si no, cambiarlo antes de examinarlo de nuevo.

### **11.5.2.2 Toma de muestras de categoría A**

**11.5.2.2.1** Los testigos de roca obtenidos de acuerdo con la categoría de muestreo A se tienen que colocar individualmente en contenedores sólidos. Si los testigos no se obtienen en tubos, inmediatamente se tienen que envolver completamente con una película o un papel. Se tienen que proteger de la vibración, los golpes, el calor, el frío y los cambios de temperatura. Los testigos se deben transportar y almacenar horizontalmente en contenedores de envío de madera, metal u otros materiales que ofrezcan amortiguamiento y/o aislamiento térmico al testigo o al contenedor para cada testigo y cada contenedor. Las rocas sensibles a cambios en el contenido de humedad se deben sellar con cera o un material similar.

**11.5.2.2.2** El material de amortiguamiento (serrín, goma, poliestireno, gomaespuma o material con similar elasticidad) deben cubrir completamente a los testigos de modo que no se alteren durante el transporte.

NOTA Un elemento amortiguador adecuado entre los testigos y las paredes de las cajas de envío puede tener un espesor mínimo de 25 mm. En la base del contenedor este espesor puede ser de al menos 50 mm.

### **11.5.2.3 Toma de muestras de categoría B**

Los testigos de roca obtenidos de acuerdo con la categoría de muestreo B se tienen que colocar individualmente en contenedores sólidos. Si los testigos no se obtienen en tubos, inmediatamente se tienen que envolver completamente con una película o un papel. Se tienen que proteger de la vibración, los golpes, el calor, el frío y los cambios de temperatura. Los testigos se tienen que transportar horizontalmente.

#### 11.5.2.4 Toma de muestras de categoría C

Los testigos de roca obtenidos de acuerdo con la categoría de muestreo C se tienen que colocar y transportar en cajas porta-testigos estructuralmente sólidas. Se tienen que colocar de acuerdo con los estratos *in situ* y se tienen que proteger con una película o un papel. Los testigos se tienen que transportar y almacenar horizontalmente.

#### 11.5.3 Transporte de muestras de agua

Las muestras de agua deben transportarse al laboratorio dentro de las 24 h siguientes a la toma de muestras. Se deben proteger del calor, el frío y daños.

#### 11.6 Preparación de los contenedores de envío y almacenaje

Las cajas porta-testigos se tienen que construir lo suficientemente rígidas para evitar que se flexione el testigo cuando la caja se agarre por sus extremos. La tapa debería tener bisagras fuertes y un cierre fuerte o de tornillo. No se deben clavar puntas en la tapa. Se debe colocar un bloque en cada extremo de la longitud del testigo. No se permite la rotura innecesaria del testigo para poder colocarlo en la caja porta-testigos. Se debe registrar cualquier rotura que sea necesaria. Se debe marcar la profundidad de la parte superior e inferior de la longitud del testigo con un rotulador indeleble, cerca de los extremos del testigo y en las esquinas de las cajas correspondientes. También se tienen que marcar de manera similar las profundidades intermedias que se sepan con precisión. La longitud efectiva de las cajas debería ser un 5% más larga que la longitud del testigo (por ejemplo, una caja porta-testigos con una longitud de 105 cm para un testigo de 100 cm de longitud).

#### 11.7 Almacenaje de los testigos

Los testigos simples en contenedores y testigos en cajas porta-testigos deben almacenarse de modo que las características mecánicamente relevantes del suelo y roca de estos testigos no cambien. Los testigos deben sellarse con un papel y se debería evitar el manejo innecesario de los mismos. Normalmente los testigos no se pueden exponer a las heladas. Las muestras se deben almacenar en un ambiente fresco. Para fines especiales, la temperatura de la cámara de almacenaje debería ser la misma que la temperatura del terreno (de + 6 °C a + 12 °C) y el contenido de humedad (del 85% al 100%). Si hay dudas de que una muestra se haya podido alterar durante el almacenaje, se debería indicar en los documentos del laboratorio.

### 12 INFORME

#### 12.1 Informe de campo

##### 12.1.1 Generalidades

En el emplazamiento del proyecto, para cada sondeo, etc., se debe rellenar un informe de campo de medidas de toma de muestras de suelo y roca y agua subterránea. Este informe de campo debe consistir en lo siguiente, si se aplica:

- a) registro resumen (véase 12.1.2);
- b) registro de perforación (véase 12.1.3);
- c) registro de muestreo (véase 12.1.4);
- d) registro de identificación y descripción del suelo y roca (véase 12.1.5);
- e) registro de relleno (véase 12.1.6);
- f) registro de instalación de piezómetros (véase 12.1.7);
- g) registro de las medidas de agua subterránea (véase 12.1.8).

Se deben registrar e informar de todas las investigaciones de campo de modo que terceras personas puedan comprobar y entender los resultados.

### 12.1.2 Registro resumen

El registro resumen debe incluir la siguiente información esencial, si se aplica (véase también el capítulo B.1).

a) Información general:

- 1) nombre de la compañía que ejecuta la toma de muestras y/o las medidas del agua subterránea;
- 2) nombre del cliente o representante;
- 3) fecha de la toma de muestras y/o medidas del agua subterránea;
- 4) identificación del proyecto;
- 5) número del sondeo, cata, galería de exploración o pozo.

b) Información del emplazamiento:

- 1) posición y cota del sondeo, cata, galería de exploración o pozo;
- 2) dirección del sondeo: inclinación y orientación;
- 3) cuando sea posible, la profundidad de la superficie libre del agua subterránea.

c) Otra información:

- 1) especificaciones y tipo de toma-muestras usado;
- 2) cualquier interrupción, obstrucción y dificultades encontradas durante la operación de muestreo, perforación, excavación o medidas del agua subterránea;
- 3) información en cualquier registro adjunto;
- 4) nombre y firma del operario cualificado.

### 12.1.3 Registro de perforación

El registro de perforación debe ir adjunto al registro resumen y debe incluir la siguiente información esencial, si se aplica (véase también el capítulo B.2).

a) Información general:

- 1) nombre de la compañía que ejecuta la perforación;
- 2) nombre del cliente o representante;
- 3) fecha de la perforación;
- 4) identificación del proyecto;
- 5) identificación del sondeo.

b) Información del equipo utilizado:

- 1) herramienta de corte (tipo de corona);
- 2) profundidad a la que se ha cambiado una corona;

- 3) si se usa, método de pre-perforación;
  - 4) martillo utilizado;
  - 5) uso de encamisado.
- c) Información de la ejecución:
- 1) diámetros de los sondeos;
  - 2) profundidad de la punta del encamisado;
  - 3) el uso del fluido de perforación y el nivel del mismo en el sondeo;
  - 4) color y cambios de color del fluido de perforación;
  - 5) pérdida del fluido de perforación, si la hubiera;
  - 6) presión del fluido de perforación y volumen circulado;
  - 7) parámetros de perforación.
- d) Otra información:
- 1) nombre y firma del operario cualificado.

#### 12.1.4 Testificación

El informe de la toma de muestras debe ser claro y preciso, y no solamente debe contener los datos requeridos para la determinación del estrato de suelo y roca y la localización (x, y, z) de los testigos obtenidos, sino que también debe incluir cualquier comentario que pueda contribuir a estimar las condiciones de los testigos y las propiedades físicas *in situ* del suelo y del macizo rocoso.

La testificación de perforación debe ir adjunto al registro resumen y debe incluir la siguiente información esencial, si se aplica (véase también el capítulo B.3).

- a) Información general:
- 1) nombre de la compañía que ejecuta la perforación;
  - 2) nombre del cliente o representante;
  - 3) número del testigo;
  - 4) fecha del muestreo;
  - 5) identificación del proyecto;
  - 6) identificación del sondeo, cata, galería de exploración o pozo.
- b) Información del equipo utilizado:
- 1) especificaciones y tipo de toma-muestras utilizado;
  - 2) daño en el filo de corte;
  - 3) levanta-testigos utilizado.

c) Información del procedimiento de muestreo:

- 1) diámetro o tamaño del testigo;
- 2) posición (parte superior e inferior del testigo) y longitud del testigo;
- 3) intervalo de la longitud del toma-muestras;
- 4) determinación de la calidad de la roca y recuperación de testigo de acuerdo con el capítulo 7 (TCR, RQD, SCR);
- 5) alteración del testigo;
- 6) relleno del porta-testigos;
- 7) número del revestimiento u otra identificación del testigo;
- 8) martillo utilizado durante el corte del testigo;
- 9) métodos de muestreo.

d) Otra información:

- 1) identificación preliminar del suelo o tipo de roca;
- 2) para muestras de agua: temperatura, valor del pH de los agentes fijadores, operaciones de muestreo;
- 3) nombre y firma del operariocualificado;

Se deben registrar todas las operaciones de muestreo fallidas.

#### **12.1.5 Registro de la identificación y descripción del suelo y roca**

El registro de la identificación y descripción del suelo y roca debe ir adjunto al registro resumen y debe incluir la siguiente información esencial, si se aplica (véase también el capítulo B.4).

- a) nombre de la compañía que realiza el muestreo;
- b) nombre del cliente o representante;
- c) fecha del muestreo;
- d) identificación del proyecto;
- e) identificación del sondeo, cata, galería de exploración o pozo;
- f) orientación y diámetro del sondeo;
- g) método de muestreo;
- h) identificación preliminar y descripción del suelo y la roca basado en una inspección visual, de acuerdo con las Normas ISO 14688-1 e ISO 14689-1;
- i) documentación fotográfica de los testigos/muestras obtenidos;
- j) nombre y firma del operario cualificado.

### 12.1.6 Registro de sellado

El registro de sellado aplicado se debe adjuntar al registro resumen y debe incluir la siguiente información esencial, si se aplica (véase también el capítulo B.5).

- a) nombre de la compañía que realiza el relleno;
- b) nombre del cliente o representante;
- c) fecha del relleno;
- d) identificación del proyecto;
- e) identificación del sondeo, cata, galería de exploración o pozo;
- f) proceso y material de relleno;
- g) secciones del relleno;
- h) nombre y firma del operario cualificado.

### 12.1.7 Registro de la instalación del piezómetro

El registro de la instalación del piezómetro debe ir adjunto al registro resumen y debe incluir la siguiente información esencial, si se aplica (véase también el capítulo B.6).

- a) Información general:
  - 1) nombre de la compañía que ejecuta la perforación;
  - 2) nombre del cliente o representante;
  - 3) fecha de la instalación del piezómetro;
  - 4) identificación del proyecto;
  - 5) identificación del sondeo o de la estación de medida de agua subterránea;
  - 6) posición y cota del sondeo o de la estación de medida de agua subterránea;
  - 7) cuando sea posible, la profundidad de la superficie libre del agua subterránea;
  - 8) nivel de instalación (filtro o parte perforada de la tubería).
- b) Información del equipo utilizado:
  - 1) tipo y fabricante del equipo;
  - 2) método de instalación (por ejemplo en un sondeo, empujado, martillado);
  - 3) tipo de filtro y tubo (diámetro interior del filtro, porcentaje, longitud y ancho de las ranuras, espesor de las paredes, material filtrante, empujado o perforado, etc.);
  - 4) tipo y profundidad del paquete filtrante;
  - 5) tipo y profundidad del sellado;
  - 6) número de equipos para los sistemas cerrados.



## c) Información de la instalación:

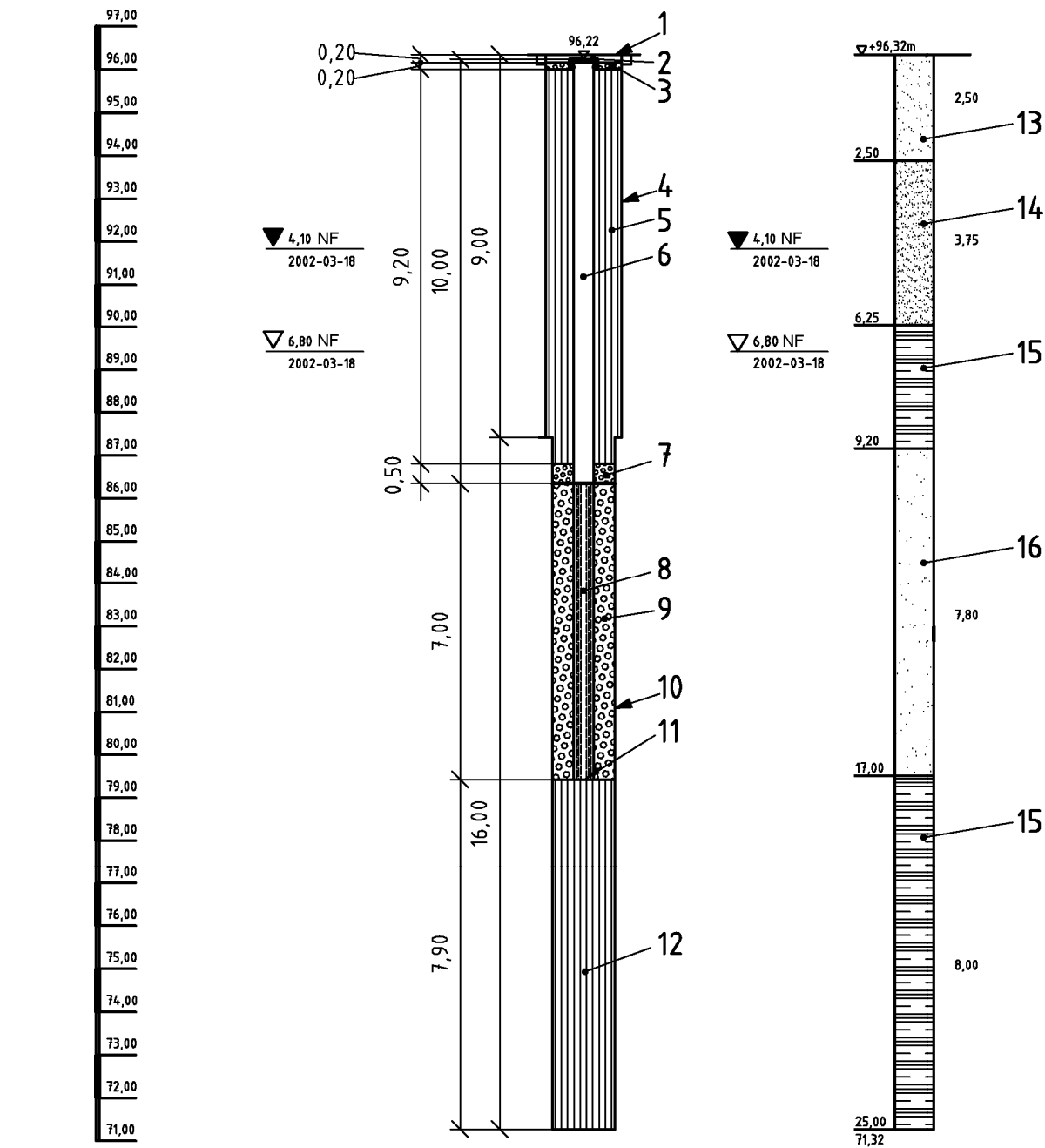
- 1) nivel de la superficie del terreno y extremo superior de la tubería de extensión;
- 2) profundidad desde el extremo superior de la tubería hasta el punto medio del filtro o parte perforada de la tubería;
- 3) nivel del sensor en el dispositivo de lectura (es decir, nivel del manómetro o del transductor en los sistemas hidráulicos y nivel de la membrana de medida en los sistemas hidráulicos y eléctricos).

## d) Otra información:

- 1) observaciones y lecturas durante la instalación;
- 2) observaciones y lecturas antes, durante y después de los controles funcionales;
- 3) fecha y resultado de la primera lectura importante;
- 4) nombre y firma del operario cualificado.

Para todas las estaciones de medida, se debería preparar una representación gráfica de la instalación (con el correspondiente estrato de suelo y roca, si es posible), para así documentar todo el sistema de medida. En particular, se debería registrar el nivel de altura de los filtros empotrados; para los sistemas hidráulicos, también se debería registrar el nivel de altura del transductor en el terreno.

Medidas en metros



Leyenda

- |                            |  |                       |
|----------------------------|--|-----------------------|
| 1 Registro                 | 7 Contra-filtro  | 12 Sellado de arcilla |
| 2 Tapa superior            | 8 Pantalla plástica (0,50 mm)                          | 13 Arena              |
| 3 Material del sondeo      | 9 Filtro de grava (tamaño de grano de 1,0 mm a 2,0 mm) | 14 Limo               |
| 4 Sondeo (diámetro 178 mm) | 10 Sondeo (diámetro 146 mm)                            | 15 Arcilla            |
| 5 Sello de arcilla         | 11 Tapón de fondo                                      | 16 Caliza             |
| 6 Encamisado de plástico   |  | NF Nivel freático     |

Figura 10 – Ejemplo de configuración de un sistema abierto de medida agua subterránea

### **12.1.8 Registro de las medidas de agua subterránea**

**12.1.8.1** El registro de las medidas de agua subterránea debe ir adjunto al registro resumen y debe incluir la siguiente información esencial, si se aplica (véase también el capítulo B.7).

a) Información general:

- 1) nombre de la compañía que ejecuta las medidas de agua subterránea;
- 2) nombre del cliente o representante;
- 3) fecha de la medida de agua subterránea;
- 4) identificación del proyecto;
- 5) identificación del sondeo o piezómetro;

b) Información de la instalación:

- 1) tiempo para cada medida separada de agua subterránea;
- 2) valores medidos;
- 3) presión atmosférica medida;
- 4) presión calculada;
- 5) comentarios en las observaciones o comprobaciones realizadas de importancia para la interpretación.

c) Otra información:

- 1) nombre y firma del operario cualificado;

**12.1.8.2** Además, se debe suministrar un registro de calibración de los sistemas de medida de agua subterránea. El registro de la calibración debe ir adjunto al registro resumen y debe incluir la siguiente información esencial, si se aplica (véase también el capítulo B.8).

- a) fecha y lugar de la calibración;
- b) fabricante y número del dispositivo calibrado;
- c) tipo, número y precisión del instrumento de referencia;
- d) última calibración;
- e) cualquier información importante para la aplicación de la calibración;
- f) nombre y firma de la persona responsable de la calibración.

### **12.2 Informe de resultados**

El informe de resultados debe incluir la siguiente información esencial, si se aplica:

- a) el informe de campo (en formato original y digitalizado);

- b) un registro final de la identificación y descripción del suelo y la roca, de acuerdo con las Normas ISO 14688-1 e ISO 14689-1;
- c) una representación gráfica del registro de los parámetros de perforación;
- d) una representación gráfica del registro final de la identificación y descripción del suelo y la roca;
- e) una representación gráfica del relleno;
- f) una representación gráfica del piezómetro;
- g) una representación gráfica o numérica de los resultados de las medidas de agua subterránea;
- h) nombre y firma del experto responsable.

## ANEXO A (Informativo)

## EJEMPLO DE UN FORMATO DE INFORMACIÓN PRELIMINAR DE LA TOMA DE MUESTRAS Y MEDIDAS DE AGUA SUBTERRÁNEA PREVISTAS

Información preliminar de la toma de muestras y medida de agua subterránea previstas		
Proyecto		
Localización		
Número de sondeos, excavaciones y/o medidas de agua subterránea		
Orientación, inclinación y desviaciones aceptables de los sondeos		
Requisitos topográficos y condiciones geológicas e hidrogeológicas esperadas		
Precisión requerida e incertidumbre de las medidas		
Frecuencia de las medidas		
Riesgos ambientales y de seguridad (asociados con, por ejemplo, fluido de perforación, suspensiones)	<input type="checkbox"/> sí	<input type="checkbox"/> no
	Si es sí, por favor especificar	
Evaluación de la peligrosidad para emplazamientos contaminados	<input type="checkbox"/> hecho <input type="checkbox"/> no hecho <input type="checkbox"/> no conocido <input type="checkbox"/> no necesario	
Posibles riesgos	<input type="checkbox"/> sí	<input type="checkbox"/> no
	Si es sí, por favor especificar	
	<input type="checkbox"/> servicios subterráneos, tales como.....	
	<input type="checkbox"/> servicios aéreos, tales como .....	
	<input type="checkbox"/> tráfico, tales como .....	
	<input type="checkbox"/> armamento sin explotar	
	<input type="checkbox"/> contaminación, tal como.....	
<input type="checkbox"/> otros, tales como .....		
.....		

Página 2	<b>Información preliminar de la toma de muestras y medida de agua subterránea previstas</b>	
Profundidad prevista del sondeo o de la excavación		
Categoría de muestreo	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C
Método(s) de muestreo		
Manipulación de muestras		
Almacenamiento de muestras		
Transporte de muestras		
Ensayo <i>in situ</i> previsto	<input type="checkbox"/> sí	<input type="checkbox"/> no
	Si es sí, por favor especificar <input type="checkbox"/> ensayo de penetración estándar <input type="checkbox"/> ensayos presiométricos, tales como ..... <input type="checkbox"/> ensayos geofísicos, tales como ..... <input type="checkbox"/> ensayos geohidráulicos, tales como ..... <input type="checkbox"/> instalación de piezómetros <input type="checkbox"/> otros, tales como ..... .....	
Método para completar el sondeo y reinstauración del emplazamiento (necesidades, material, métodos, etc.)		
Cuidado ambiental		
Dispositivos de emergencia		
Nombre de la persona de contacto (cliente o representante)		
Flujo de información		
Nombre del operario cualificado		
Nombre del experto responsable		
Observaciones		

**ANEXO B (Informativo)****INFORMES DE CAMPO****B.1 Registro resumen**

<b>Registro resumen</b>	Nombre de la compañía		
Tipo de investigación: sondeo/cata/pozo/galería*	Nombre del cliente		
Nombre del proyecto		Número del proyecto	
Fecha:		Cota	
Posición		Inclinación del sondeo	
		Orientación del sondeo	
Profundidad la superficie del agua subterránea libre	m	Profundidad del sondeo	m
Especificaciones y tipo de toma-muestras utilizado			
Registros adjuntos **	<input type="checkbox"/> registro de perforación <input type="checkbox"/> registro de toma de muestras <input type="checkbox"/> registro del relleno <input type="checkbox"/> registro de identificación y descripción del suelo y roca <input type="checkbox"/> registro de instalación de piezómetros <input type="checkbox"/> registro de medidas de agua subterránea <input type="checkbox"/> otros, tales como		
Observaciones (interrupciones, obstrucciones, dificultades, etc.)			
Nombre del operario responsable			
Firma del perforador responsable			
* borrar si no se aplica		** marcar como aplicable	

**B.2 Registro de la perforación**

<b>Registro de la perforación</b>				Nombre de la compañía									
				Nombre del cliente									
Nombre del proyecto								Número del proyecto					
Fecha de la perforación								Identificación del sondeo					
Máquina de perforación (tipo, año de fabricación)								Fin de la profundidad del sondeo					
Método de pre-perforación*								Golpeo*					
Diámetros de taladros				mm				mm			mm		
Profundidad		Perforación		Herramienta de perforación				Revestimiento			Fluido de perforación		Observaciones
de	a	Método	Técnica de corte del suelo	Tipo, corona	Diámetro, mm	Guiado	Fluido de perforación	Diámetro interior mm	Diámetro exterior mm	Profundidad mm	Presión	Volumen circulado	
Observaciones (interrupciones, obstáculos, dificultades, etc.)													
Nombre del operario responsable													
Firma del operario responsable													
* si se usa													



### B.3 Registro del muestreo

Registro del muestreo		Nombre de la compañía							
		Nombre del cliente							
Nombre del proyecto				Número de proyecto					
Fecha del muestreo				Identificación de taladro, etc.					
Identificación de la muestra									
Profundidad/longitud de penetración del toma-muestras  m		Muestra		Calidad de la roca y recuperación de testigo			Toma-muestras		Observaciones: — levanta-testigos utilizado — alteración — tipo de suelo/roca — martillo utilizado
		Longitud mm	Diámetro mm	TCR	RQD	SCR	Especificaciones	Tipo	
de	a								
de	a								
de	a								
de	a								
de	a								
de	a								
de	a								
de	a								
de	a								
de	a								
de	a								
de	a								
de	a								
de	a								
de	a								
Observaciones									
Nombre del operario cualificado									
Firma del operario cualificado									

**B.4 Registro de identificación y descripción del suelo y la roca**

Nombre de la compañía: Nombre del cliente: Método de perforación:      Fecha: Diámetro:      Inclinación: Nombre del proyecto:		<b>Registro de identificación y descripción del suelo y la roca de acuerdo con las Normas ISO 14688-1 e ISO 14689-1</b>			Página:		
					Cata:		
							Número de proyecto:
Nombre y firma del operario cualificado:							
1	2	3	4		5	6	7
<b>Profundidad hasta</b>	<b>Identificación del tipo de suelo o roca</b>	<b>Color</b>	<b>Descripción de la muestra</b>		<b>Descripción de la progresión del taladrado</b>	<b>Ensayos a las muestras</b>	<b>Observaciones</b>
m	Observaciones adicionales  Designación geológica/estratigrafía	<b>Contenido de carbonato</b>	– Consistencia, plasticidad, dureza, resistencia uniaxial – Forma de las partículas, matriz – Meteorización, discontinuidades, etc.		– Perforabilidad/forma del testigo – Uso del trépano – Observaciones, etc.	– Tipo – Número – Profundidad	– Filtraciones/medio fluido – Herramientas de perforación/revestimiento – Pérdida de testigo – Longitud de testigo

1	2	3	4		5	6	7
Profundidad hasta m	Identificación del tipo de suelo o roca  Observaciones adicionales Designación geológica/estratigrafía	Color  Contenido de carbonato	Descripción de la muestra  – Consistencia, plasticidad, dureza, resistencia uniaxial – Forma de las partículas, matriz – Meteorización, discontinuidades, etc.		Descripción de la progresión del taladrado  – Perforabilidad/forma del testigo – Uso del trépano – Observaciones, etc.	Ensayos a las muestras  – Tipo – Número – Profundidad	Observaciones  – Filtraciones/medio fluido – Herramientas de perforación/revestimiento – Pérdida de testigo – Longitud de testigo

B.5 Registro del relleno

Registro del relleno		Nombre de la compañía					
		Nombre del cliente					
Nombre del proyecto				Número del proyecto			
Fecha del relleno:				Identificación del sondeo, etc			
Profundidad m		Material de relleno		Profundidad m		Material de relleno	
de	a			de	a		
de	a			de	a		
de	a			de	a		
de	a			de	a		
de	a			de	a		
de	a			de	a		
de	a			de	a		
de	a			de	a		
de	a			de	a		
de	a			de	a		
de	a			de	a		
de	a			de	a		
de	a			de	a		
de	a			de	a		
Observaciones							
Nombre del operario cualificado							
Firma del operario cualificado							

**B.6 Registro de la instalación de un piezómetro**

<b>Registro de la instalación de un piezómetro</b>					Nombre de la compañía								
					Nombre del cliente								
Nombre del proyecto										Número del proyecto			
Fecha de instalación										Identificación del sondeo/piezómetro			
Posición del piezómetro										Cota del piezómetro		m	
Nº de equipos para los sistemas cerrados										Cota del filtro			
Tubo					Material de relleno					Material de sellado			
No	Tipo	de m	a m	Diámetro	Material	Tipo	de m	a m	Tamaño de grano mm	Tipo	de m	a m	
Nivel de agua antes del ensayo					m					Fecha:		Tiempo:	
Nivel de agua después del rebajamiento, etc.					m					Fecha		Tiempo	
Primera lectura relevante					m					Fecha		Tiempo	
Lecturas posteriores de los niveles de agua													
Nº	Fecha		Hora		Profundidad del nivel de agua m			Profundidad del revestimiento m			Profundidad del taladro m		
Observaciones													
Nombre del operario cualificado													
Firma del operario cualificado													

## B.7 Registro de las medidas de agua subterránea

Registro de las medidas de agua subterránea		Nombre de la compañía				
		Nombre del cliente				
Nombre del proyecto			Número del proyecto			
Fecha de la medida			Identificación del sondeo/piezómetro			
Nº	Fecha	Hora	Valores medidos	Presiones atmosféricas medidas	Presiones calculadas	Observaciones
Observaciones						
Nombre del operario cualificado						
Firma del operario cualificado						

**B.8 Registro de la calibración de los sistemas de medida de agua subterránea**

<b>Registro de la calibración de los sistemas de medida de agua subterránea</b>	
Fecha y lugar de la calibración	
Fabricante del dispositivo calibrado	
Número del dispositivo calibrado	
Tipo del instrumento de referencia	
Número del instrumento de referencia	
Precisión del instrumento de referencia	
Última calibración	
Observaciones adicionales	
Nombre de la persona responsable de la calibración	
Firma de la persona responsable de la calibración	

**ANEXO C (Informativo)****EQUIPO DE PERFORACIÓN Y TOMA DE MUESTRAS PARA SUELOS Y ROCAS****C.1 Generalidades**

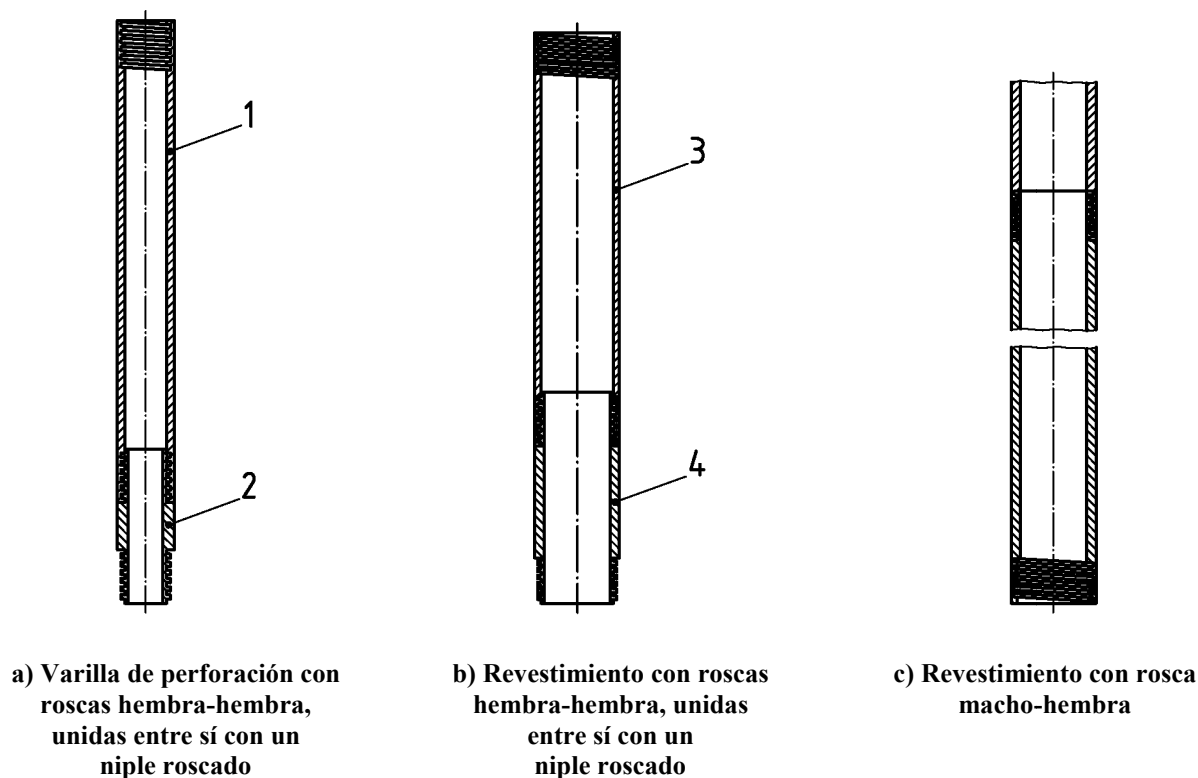
El objeto de este anexo es proporcionar una guía de referencia ilustrada de los equipos de perforación y toma de muestras utilizados más frecuentemente y universalmente en suelos y rocas. El anexo incluye información referente a las dimensiones básicas y la nomenclatura. Para información y dimensiones completas, se debería hacer referencia a los reglamentos y normativas internacionales, europeas o nacionales adecuados y citados aquí.

Este anexo también incluye las tablas de datos para ayudar con la elección de la corona con respecto de las condiciones del terreno y la elección del perfil de la corona.

También se incluyen en este anexo ejemplos de ejecución de ciertos métodos de muestreo para aclarar ciertas áreas del texto de esta parte de la Norma ISO 22475.

**C.2 Varillaje de perforación y revestimiento**

Véase la figura C.1.

**Leyenda**

- 1 Varilla de perforación
- 2 Niple de las varillas de perforación
- 3 Tubo de revestimiento
- 4 Niple del revestimiento

**Figura C.1 – Varillaje de perforación y revestimiento**



## C.2.1 Serie “W” de varillaje de perforación y revestimiento según la Norma ISO 3551-1

Véase la tabla C.1.

Tabla C.1 – Serie “W” de varillaje de perforación y revestimiento según la Norma ISO 3551-1

Medidas en milímetros

Varilla de perforación	Tubería de perforación	Unión de varillas	Unión del ensamblado	Tubería de revestimiento	Unión del revestimiento	Revestimiento con rosca macho hembra	Revestimiento		Escariador para revestimiento	Corona del revestimiento		Zapata del revestimiento	
	DE			DE	DI		DE	DI		DE de puesta	DI de puesta	DE de puesta	DI de puesta
<b>RW</b>	27,89 27,76	10,57 10,19	<b>RX</b>	36,63 36,50	30,48 30,23	<b>RW</b>	36,63 36,50	30,48 30,23	—	37,85 37,59	25,53 25,27	37,85 37,59	30,18 30,05
<b>EW</b>	35,05 34,93	11,35 10,97	<b>EX</b>	46,28 46,02	38,35 38,10	<b>EW</b>	46,28 46,02	38,35 38,10	48,13 47,88	47375 47,50	35,81 35,56	47375 47,50	38,02 37,90
<b>AW</b>	43,89 43,64	16,13 15,75	<b>AX</b>	57,40 58,15	48,67 48,41	<b>AW</b>	57,40 58,15	48,67 48,41	60,07 59,82	59,69 59,44	45,34 45,09	59,69 59,44	48,31 48,18
<b>BW</b>	54,23 53,98	19,30 18,92	<b>BX</b>	73,28 73,03	60,58 60,33	<b>BW</b>	73,28 73,03	60,58 60,33	75,82 75,56	75,44 75,18	56,39 56,13	75,44 75,18	60,25 60,12
<b>NW</b>	66,93 66,68	35,18 34,80	<b>NX</b>	89,28 88,90	76,58 76,20	<b>NW</b>	89,28 88,90	76,58 76,20	92,33 92,08	91,95 91,69	72,26 72,01	91,95 91,69	76,12 75,87
<b>HW</b>	89,28 88,90	60,71 60,32	<b>HX</b>	114,68 114,30	100,38 100,00	<b>HW</b>	114,68 114,30	101,60 101,22	—	117,65 117,27	96,06 95,81	117,65 117,27	99,82 99,57
			<b>PX</b>	140,74 138,66	127,38 123,57	<b>PW</b>	140,74 138,66	127,38 123,57	—	143,76 143,26	117,86 117,48	143,76 143,26	123,44 123,06
			<b>SX</b>	169,55 167,00	152,45 147,70	<b>SW</b>	169,55 167,00	155,55 151,21	—	172,72 172,21	143,26 142,88	172,72 172,21	146,94 146,56
			<b>UX</b>	195,12 192,23	179,20 176,20	<b>UW</b>	195,12 192,23	180,54 175,79	—	198,50 197,74	171,83 171,32	198,50 197,74	175,64 175,13
			<b>ZX</b>	220,73 217,42	205,94 201,60	<b>ZW</b>	220,73 217,42	208,46 203,00	—	224,16 223,39	197,23 196,72	224,16 223,39	201,04 200,53
DE Diámetro exterior DI Diámetro interior — no requerido													

**C.2.2 Serie “métrica” de varillaje de perforación y revestimiento según la Norma ISO 3552-1**

Véase la tabla C.2.

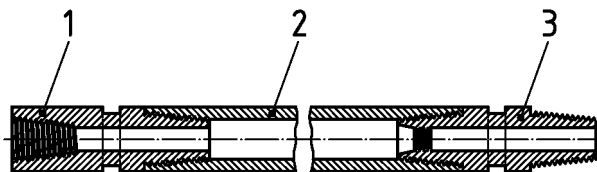
**Tabla C.2 – Serie “métrica” de varillaje de perforación y revestimiento según la Norma ISO 3552-1**

Medidas en milímetros

Tamaño de la varilla de perforación	Varilla	Unión de las varillas	Revestimiento con rosca macho-hembra	Revestimiento		Corona del revestimiento		Zapata del revestimiento	
	DE	DI		DE	DI	DE de puesta	DI de puesta	DE de puesta	DI de puesta
<b>33</b>	33,70 33,30	15,14 14,86	<b>46</b>	44,35 43,95	37,40 36,90	46,10 45,90	35,10 34,90	46,10 45,90	37,10 36,90
<b>42</b>	42,20 41,80	22,16 21,84	<b>56</b>	54,35 53,95	47,40 46,90	56,10 55,90	45,10 44,90	56,10 55,90	47,10 46,90
<b>50</b>	50,20 49,80	22,16 21,84	<b>66</b>	64,55 63,95	57,50 57,00	66,10 65,90	55,10 54,90	66,10 65,90	57,10 56,90
			<b>76</b>	74,55 73,95	67,50 67,00	76,10 75,90	65,10 64,90	76,10 75,90	67,10 66,90
			<b>86</b>	84,65 83,85	77,50 77,00	86,10 85,90	75,10 74,90	86,10 85,90	77,10 76,90
			<b>101</b>	98,40 97,60	88,70 87,90	101,10 100,90	86,60 86,40	101,10 100,90	88,10 87,90
			<b>116</b>	113,50 112,50	103,80 102,80	116,10 115,90	101,60 101,40	116,10 115,90	103,10 102,90
			<b>131</b>	128,50 127,50	118,80 117,80	131,10 130,90	116,60 116,40	131,10 130,90	118,10 117,90
			<b>146</b>	143,50 142,50	134,20 132,80	146,10 145,90	131,60 131,40	146,10 145,90	133,10 132,90
DE Diámetro exterior DI Diámetro interior									

### C.2.3 Serie “Y” de varillaje de perforación roscado

Véanse la figura C.2 y la tabla C.3.



Leyenda

1 Junta

2 Tubo

3 Perno

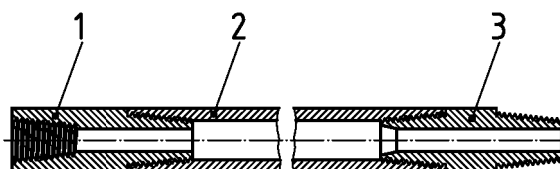
**Figura C.2 – Serie “Y” de varillaje de perforación roscado**

**Tabla C.3 – Serie “Y” de varillaje de perforación roscado**

		EWY		AWY		BWY		NWY		HWY	
		pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm
Tubo	DE	1,38	34,90	1,72	43,70	2,12	54,00	2,62	66,70	3,50	88,90
Junta	DI	0,44	11,10	0,62	15,90	0,75	19,00	1,25	31,30	1,62	41,10
Roscas por pulgada		5		5		5		4		4	
DE Diámetro exterior											
DI Diámetro interior											

### C.2.4 Serie “J” de varillaje de perforación roscado

Véase la figura C.3 y la tabla C.4.



Leyenda

1 Extremo

2 Tubo

3 Perno

**Figura C.3 – Serie “J” de varillaje de perforación roscado**

**Tabla C.4 – Serie “J” de varillaje de perforación roscado**

		AWJ		BWJ		NWJ		KWJ		HWJ	
		pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm
Tubo	DE	1,75	44,50	2,12	54,00	2,62	66,70	2,87	73,00	3,50	88,90
Extremo	DI	0,62	16,00	0,75	19,00	1,12	29,00	1,37	34,90	1,75	44,50
Roscas por pulgada		5		5		4		4		4	
DE Diámetro exterior											
DI Diámetro interior											

### C.3 Datos del saca-testigos

NOTA Véase el capítulo C.4 para ilustraciones esquemáticas de los tipos de saca-testigos.

#### C.3.1 Serie “W” de saca-testigos según la Norma ISO 3551-1

Véase la tabla C.5.

**Tabla C.5 – Serie “W” de saca-testigos según la Norma ISO 3551-1**

Diseños de saca-testigos				Coronas		Esca- riador	Ancho Kerf	Área kerf	Área del testigo	Área del taladro	Relación de áreas testigo- taladro	Tamaño nominal del testigo	Tamaño nominal del taladro
WF	WG	WM	WT	DI de puesta	DE de puesta	DE de puesta	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	%		
			RWT	18,80 18,54	29,59 29,34	29,97 29,72	5,59	4,25	2,74	6,99	39,10	18,50	30
	EWG	EWM		21,59 21,34	37,46 37,21	37,85 37,59	8,13	7,55	3,62	11,17	32,40	21,50	38
			EWT	23,11 22,86	37,46 37,21	37,85 37,59	7,37	7,03	4,15	11,17	37,10	23,00	38
	AWG	AWM		30,23 29,97	47,75 47,50	48,13 47,88	8,94	10,99	7,12	18,10	39,30	30,00	48
			AWT	32,66 32,41	47,75 47,50	48,13 47,88	7,72	9,79	8,32	18,10	45,90	32,50	48
	BWG	BWM		42,16 41,91	59,69 59,44	60,07 59,82	8,94	14,34	13,88	28,22	49,10	42,00	60
			BWT	44,58 44,32	59,69 59,44	60,07 59,82	7,75	12,70	15,52	28,22	55,00	44,50	60
	NWG	NWM		54,86 54,61	75,44 75,18	75,82 75,56	10,46	21,46	23,53	44,99	52,20	54,50	76
			NWT	58,88 58,62	75,44 75,18	75,82 75,56	8,46	17,88	27,11	44,99	60,00	58,50	76
HWF	HWG			76,33 76,07	98,98 98,60	99,36 99,11	11,51	31,74	45,61	77,34	59,00	76,00	99
			HWT	81,08 80,82	98,98 98,60	99,36 99,11	9,14	25,88	51,46	77,34	66,50	81,00	99
PWF				92,33 91,95	120,27 119,76	120,78 120,40	14,22	47,53	66,68	114,21	58,40	92,00	121
SWF				112,95 112,57	145,57 145,16	146,18 145,80	16,61	67,52	99,86	167,39	59,70	112,50	146
UWF				140,08 139,57	174,12 173,36	174,75 174,24	17,32	85,59	153,56	239,15	64,20	140,00	175
ZWF				165,48 164,97	199,52 198,76	200,15 199,64	17,32	99,43	214,41	313,84	68,30	165,00	200
DE Diámetro exterior DI Diámetro interior WT y WG son saca-testigos de tubo simple WF, WG y WM son saca-testigos de tubo doble													

## C.3.2 Serie “métrica” de saca-testigos según la Norma ISO 3552-1

Véase la tabla C.6.

Tabla C.6 – Serie “métrica” de saca-testigos según la Norma ISO 3552-1

Tipo de saca-testigos			Coronas		Escariador	Ancho kerf	Área kerf	Área del testigo	Área del taladro	Relación de áreas testigo-taladro
B	T	Z	DI de puesta	DE de puesta	DE de puesta	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	%
36	36		21,80 21,60	36,10 35,90	36,40 36,20	7,15	6,55	3,80	10,35	36,50
46	46		31,80 31,60	46,10 45,90	46,40 46,20	7,15	8,80	8,04	16,84	47,80
		46	27,80 27,60	46,10 45,90	46,40 46,20	9,15	10,68	6,16	16,84	36,50
56	56		41,80 41,60	56,10 55,90	56,40 56,20	7,15	11,04	13,85	24,89	55,90
		56	33,80 33,60	56,10 55,90	56,40 56,20	11,15	15,81	9,08	24,89	36,50
66	66		51,80 51,60	66,10 65,90	66,40 66,20	7,15	13,28	21,24	34,52	61,60
		66	43,80 43,60	66,10 65,90	66,40 66,20	11,15	19,31	15,21	34,52	44,10
76	76		61,80 61,60	76,10 75,90	76,40 76,20	7,15	15,53	30,19	45,72	66,70
		76	53,80 53,60	76,10 75,90	76,40 76,20	11,15	22,83	22,90	45,72	50,00
86	86		71,80 71,60	86,10 85,90	86,40 86,20	7,15	17,78	40,71	58,49	69,80
		86	61,80 61,60	86,10 85,90	86,40 86,20	11,15	28,30	30,19	58,49	53,00
101			86,80 86,60	101,10 100,90	101,40 101,20	7,15	21,25	59,45	80,60	72,70
		101	74,80 74,60	101,10 100,90	101,40 101,20	13,15	36,42	44,18	80,60	54,90
116			101,80 101,60	116,10 115,90	116,40 116,20	7,15	24,52	81,71	106,23	76,80
		116	89,80 89,60	116,10 115,90	116,40 116,20	13,15	42,61	63,62	106,23	59,70
131			116,80 116,60	131,10 130,90	131,40 131,20	7,15	27,89	107,51	135,40	79,40
		131	104,80 104,60	131,10 130,90	131,40 131,20	13,15	48,81	86,59	135,40	64,00
146			131,80 131,60	146,10 145,90	146,40 146,20	7,15	31,26	136,85	168,11	81,40
		146	119,80 119,60	146,10 145,90	146,40 146,20	13,15	55,01	113,10	168,11	67,30

DE Diámetro exterior  
DI Diámetro interior  
B y Z son saca-testigos de tubo simple  
T es un saca-testigos de tubo doble

### C.3.3 Saca-testigos de aire

Véase la tabla C.7.

**Tabla C.7 – Saca-testigos de aire**

Corona	HWAF		412 F	
	pulgadas	mm	pulgadas	mm
DE	3,906	99,20	4,220	107,20
DI	2,812	71,40	2,942	74,70

Los tipos de saca-testigos giratorios de tubo doble PWF, SWF, UWF y ZWF son también adecuados para el uso con aire incorporando un tipo de corona con propulsor de aire.

### C.3.4 Varillaje de perforación y revestimiento

Véase la tabla C.8.

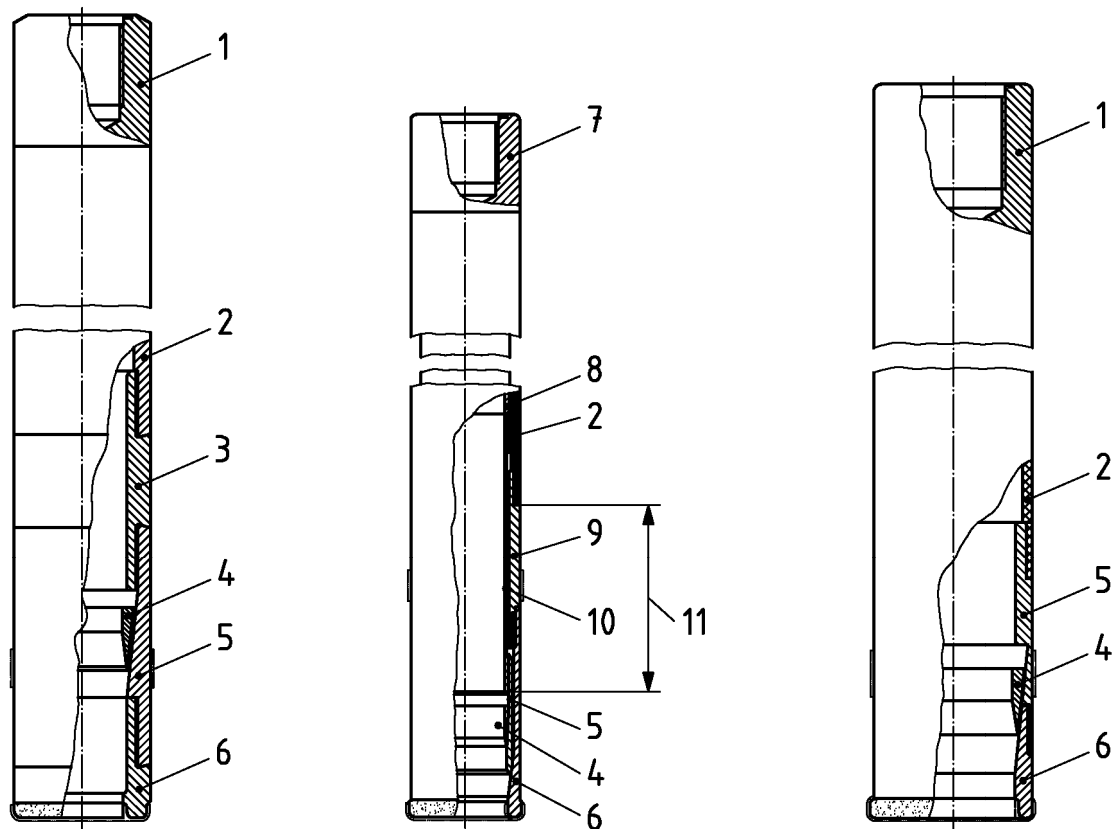
**Tabla C.8 – Varillaje de perforación y revestimiento**

Revestimiento				Diámetro del testigo y del taladro				Toma de muestras a rotación																	
Serie “W”	Serie métrica							Sacataestigos de tubo doble		Sacataestigos de tubo simple		Sacataestigos de cable		Varillaje de perforación											
DE DI mm	DE mm	DI mm	Masa kg/m					Tipo	Testigo Ø mm	Tipo	Testigo Ø mm	Tipo	Testigo Ø mm	DE Ø mm	DE Ø "	Unión interior mm	Masa kg/m								
	508	480	101,5	508																					
	419	394	126	419																					
	343	318	102	343																					
	324	299	85,3	324																					
	311	286	91,3	311																					
	298	273	88,8	298																					
	273	248	80,9	273																					
	254	232	74,7	254																					
	244	223	69,6	246/244																					
ZW	219,1	199	51,6	222																					
203,1	183	47,6	219				F 222										196,0								
UW	193,7	174	45,3		198		SF 199	170,0	Z	186,0															
	178	163	30		182				F 182	158,0															
SW	168,3	154	28,3		176/179		SF-179	150,0	K3	140,0	Z	146,0	SK	176,0	132,0										
PW	139,7	143	134	16,3	146/150	SQ		T 6	123,0	B	132,0														
	128	119	14,4		131		T 6	108,0	B	117,0															
HW	114,7	104	12,7		122,6 (PQ/CP)		T 6	93,0	B	102,0															
NW	88,9	98	89	10,4	101		T 2	84,0	B	87,0															
	84	77	7		96 HQ																				
	84	77	7		86		T 2	72,0	B	72,0															
	74	67	6,1		76		T 2	62,0	B	62,0															
	74	67	6,1		75,7 NQ	NW		NWG	75,8	54,7															
	64	57	5,2		66		T 2	52,0	B	52,0															
	54	47	4,4		60 BQ	BW		BWG	60,0	42,0															
	54	47	4,4		56		TT	45,5	B	42,0															
	44	37	3,5		AQ	48	AW		AWG	48,0	30,1														
	44	37	3,5		46		TT	35,6	B	32,0															
				37,7		EW	EWG	37,7	21,5																
	36,6				36		T	22,0	B	22,0															

## C.4 Ilustraciones esquemáticas de saca-testigos de tubo simple y doble

### C.4.1 Serie “métrica” de saca-testigos, según la Norma ISO 3552-1

Véase la figura C.4 y la tabla C.9.



a) Saca-testigos tipo Z - Montaje

b) Saca-testigos de tubo doble  
tipo T - descarga inferior y  
giratorio - Montaje

c) Saca-testigos tipo B - Montaje

#### Leyenda

- 1 Cabeza
- 2 Tubería exterior
- 3 Unión del levanta-testigos
- 4 Levanta-testigos
- 5 Revestimiento del levanta-testigos
- 6 Corona
- 7 Cabeza del saca-testigos [solamente la rosca (con rosca a derechas) para la conexión a la varilla de perforación está normalizada]
- 8 Tubería interior
- 9 Escariador
- 10 Tubería de extensión
- 11 Parte proyectante del tubo interior

**Figura C.4 – Serie “métrica” de saca-testigos, según la Norma ISO 3552-1**

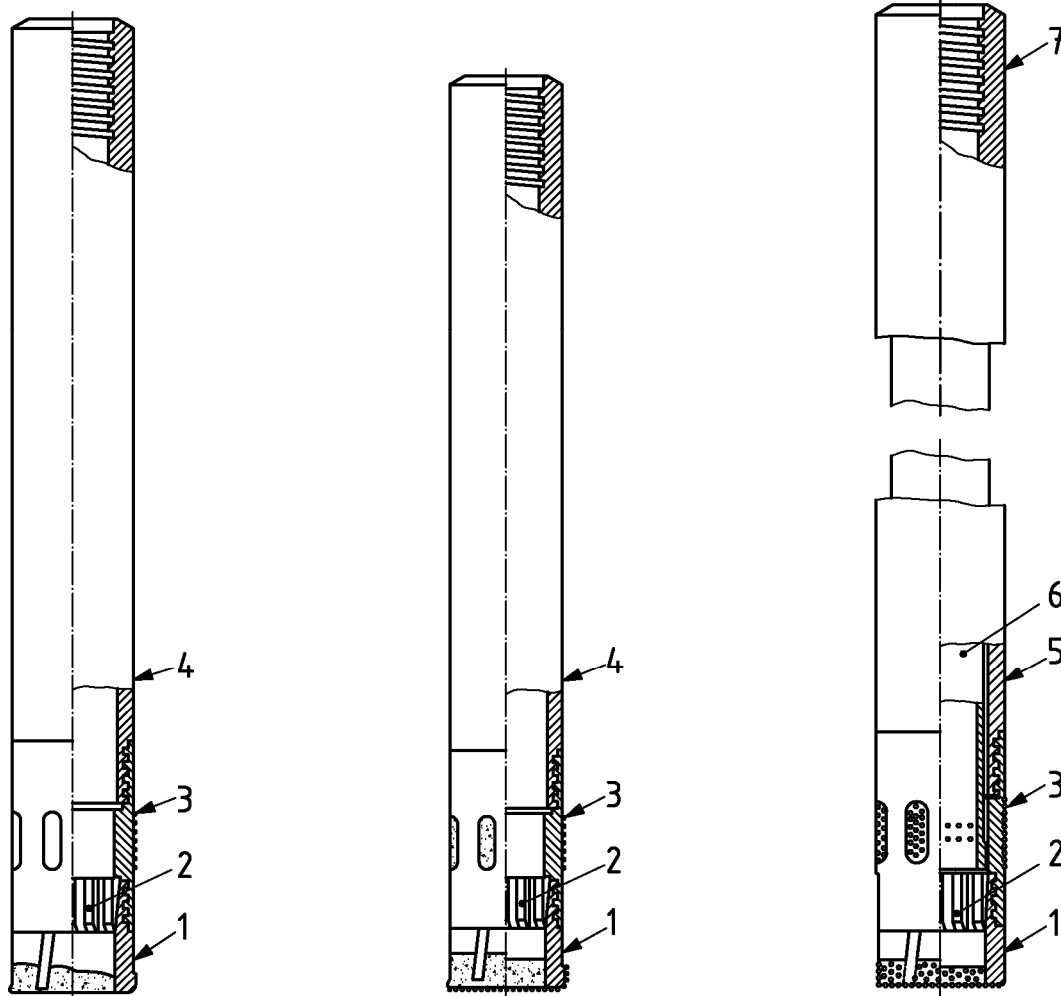


**Tabla C.9 – Serie “métrica” de saca-testigos,  
según la Norma ISO 3552-1**

<b>Tamaño</b>	<b>Proyección mm <math>\pm 0,5</math></b>
36	117
46	118
56	116,50
66	117,50
76	
86	

#### C.4.2 Serie “W” de saca-testigos, según la Norma ISO 3551-1

Véanse las figuras C.5 y C.6.



a) Saca-testigos de tubo simple de diseño “WG”– Montaje<sup>a</sup>

b) Saca-testigos de tubo simple de diseño “WT”– Montaje<sup>a</sup>

c) Saca-testigos de tubo doble de diseño “WG”– Montaje<sup>b</sup>

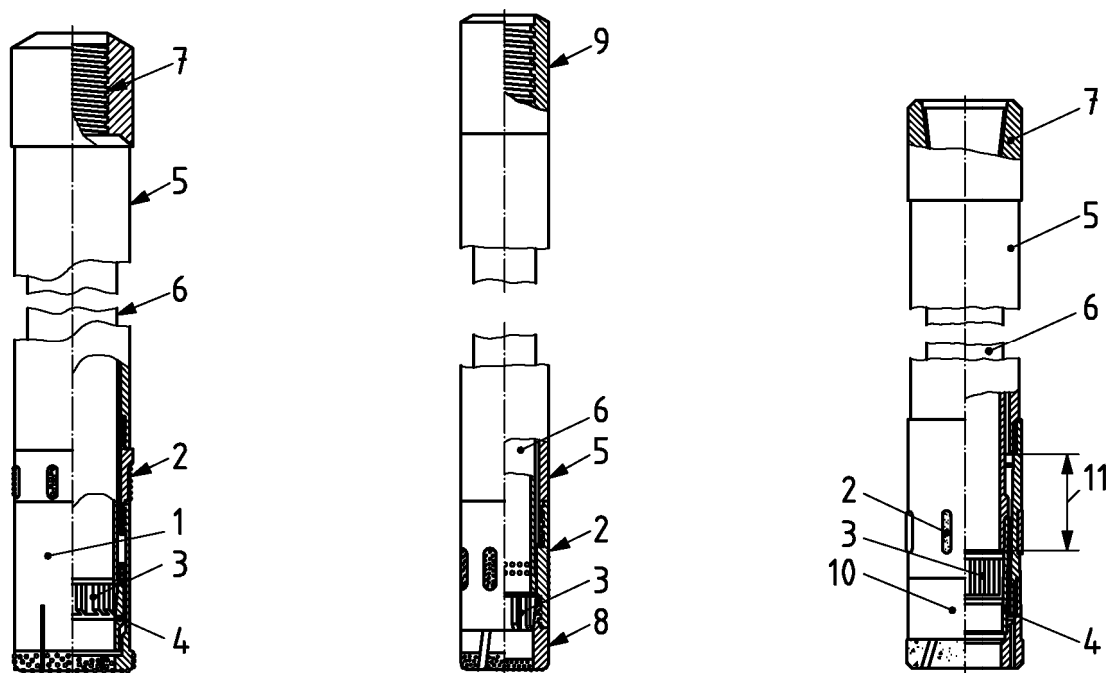
#### Leyenda

- 1 Corona
- 2 Levanta-testigos
- 3 Escariador
- 4 Tubería
- 5 Tubería exterior
- 6 Tubería interior
- 7 Cabeza (rígida o giratoria)

<sup>a</sup> Las coronas y los muelles del testigo son intercambiables con los saca-testigos de tubo doble.

<sup>b</sup> Las coronas y los muelles del testigo son intercambiables con los saca-testigos de tubo simple.

**Figura C.5 – Serie “W” de saca-testigos, según la Norma ISO 3551-1**



a) Saca-testigos de tubo doble de diseño “WM” - Montaje<sup>a</sup>

b) Saca-testigos de tubo doble de diseño “WT” - Montaje<sup>c, d</sup>

c) Saca-testigos de tubo doble de diseño “WF” - Tipo giratorio<sup>b</sup>

Leyenda

- 1 Corona
- 2 Escariador
- 3 Levanta-testigos
- 4 Revestimiento del levanta-testigos
- 5 Tubería exterior
- 6 Tubería interior
- 7 Cabeza roscada solamente
- 8 Pared de la corona biselada o recta
- 9 Cabeza (rígida)
- 10 Corona para utilizar con camisa o corona sin camisa
- 11 Tubería interior de protección (dimensión para comprobar, véase la tabla C.9)

<sup>a</sup> Las longitudes de los saca-testigos de diseño normalizado “WM” son 1,5 m y 3 m (las longitudes se refieren a la capacidad del testigo).

<sup>b</sup> Las longitudes de los saca-testigos de diseño normalizado “WF” son 1,5 m y 3 m (las longitudes se refieren a la capacidad del testigo).

<sup>c</sup> En las coronas de pared recta no se utiliza ningún muelle de testigo.

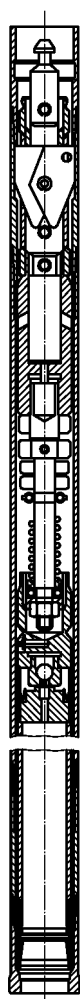
<sup>d</sup> Las longitudes de los saca-testigos de diseño normalizado “WT” son 1,5 m y 3 m (las longitudes se refieren a la capacidad del testigo).

**Figura C.6 – Serie “W” de saca-testigos, según la Norma ISO 3551-1**

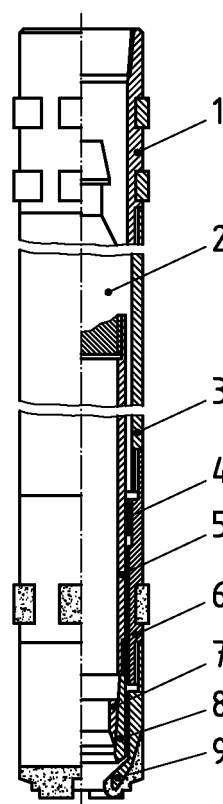
## C.5 Ilustraciones esquemáticas de saca-testigos con cable geotécnicos

### C.5.1 Montaje del saca-testigos con cable

Véase la figura C.7 y las tablas C.10 y C.11.



a) Sacas-testigos con cable típico



b) Partes normalizadas en la Norma ISO 10097-1<sup>a</sup>

#### Leyenda

- 1 Cabeza (no normalizada)
- 2 Cojinete (no normalizado)
- 3 Saca-testigos exterior
- 4 Estabilizador (no normalizado)
- 5 Montaje de tubería interior retráctil
- 6 Escariador (reaming shell)
- 7 Levanta testigos
- 8 Revestimiento del levanta-testigos
- 9 Corona

<sup>a</sup> Para más información sobre las dimensiones normalizadas véase la Norma ISO 10097-1.

**Figura C.7 – Montaje del saca-testigos con cable**

**Tabla C.10 – Dimensiones del varillaje de perforación con cable**

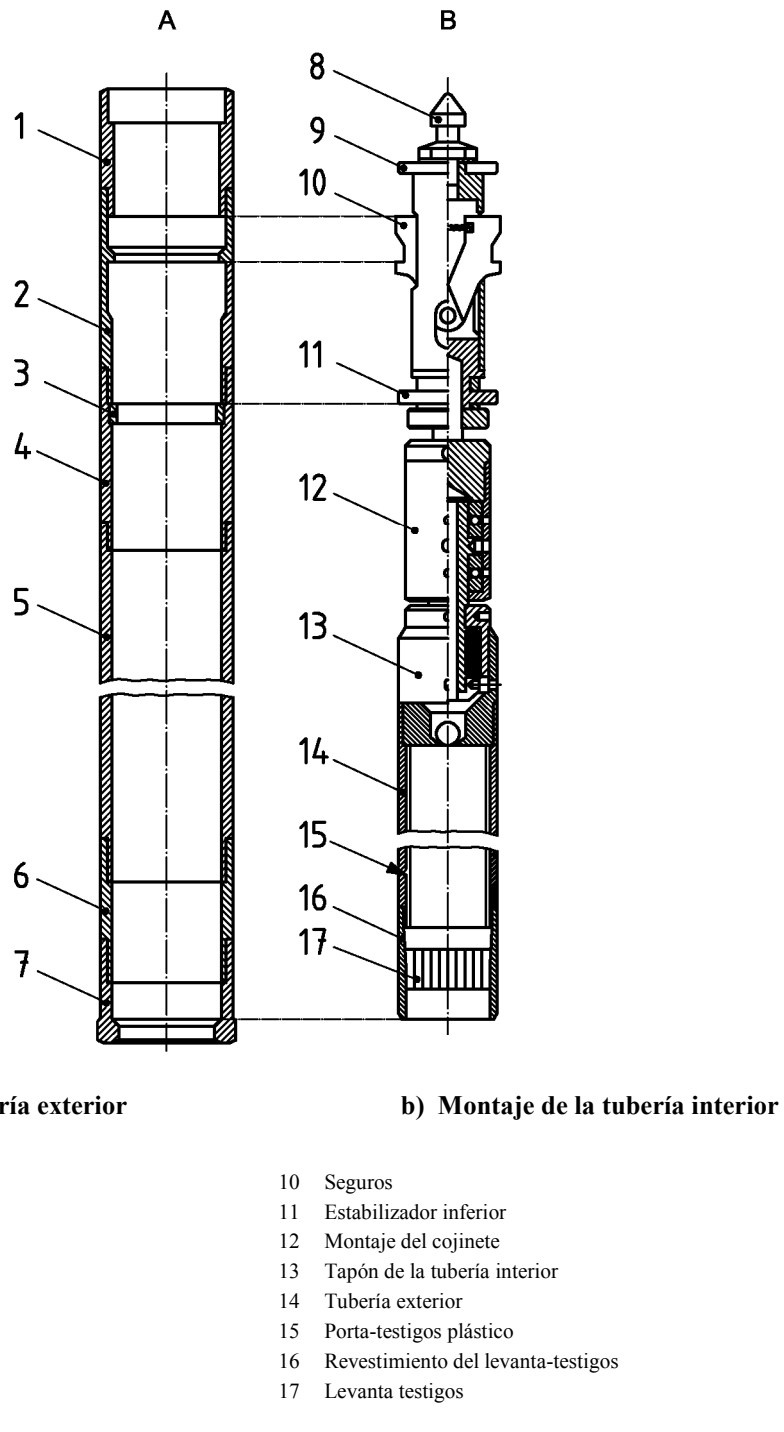
<b>Equipo</b>	<b>Tamaño A</b> mm	<b>Tamaño B</b> mm	<b>Tamaño N</b> mm	<b>Tamaño H</b> mm	<b>Tamaño P</b> mm
DE del varillaje	44,5	55,6	69,9	88,9	114,3
DI del varillaje	34,9	46,0	60,3	77,8	103,2
DE de la unión	—	—	—	—	117,5
DI de la unión	—	—	—	—	103,2
Roscas/pulgada	3	3	3	3	3

**Tabla C.11 – Dimensiones del varillaje de perforación con cable**

<b>Equipo</b>	<b>Tamaño A</b> mm	<b>Tamaño B</b> mm	<b>Tamaño N</b> mm	<b>Tamaño H</b> mm	<b>Tamaño P</b> mm
Tamaño del testigo	27,0	36,5	47,6	63,5	85,0
Tamaño del taladro	48,0	60,0	75,6	96,1	122,7
DE de la tubería exterior	46,0	57,2	73,2	92,1	117,5
DI de la tubería exterior	36,5	46,0	60,5	77,8	103,2
DE de la tubería interior	32,5	42,9	55,6	73,0	95,3
DI de la tubería interior	28,6	38,1	50,0	66,7	88,9

### C.5.2 Saca-testigos geotécnico con sistema *wireline*

Véase la figura C.8 y las tablas C.12 y C.13.



**Figura C.8 – Saca-testigos geotécnico con cable (montaje de las tuberías interior y exterior)**

**Tabla C.12 – Dimensiones del varillaje de perforación del saca-testigos geotécnico con cable**

<b>Equipo</b>	<b>Tamaño P</b>  <b>rosca macho-hembra</b> mm	<b>Tamaño P</b>  <b>rosca hembra-hembra</b> mm	<b>Tamaño S</b>  <b>rosca macho-hembra</b> mm	<b>Tamaño S</b>  <b>rosca hembra-hembra</b> mm
DE del varillaje	114,3	114,8	140,0	140,0
DI del tubo	101,6	102,8	125,0	128,0
DE de la unión	—	118,0	—	140,0
DI de la unión	—	102,8	—	125,0

**Tabla C.13 – Dimensiones del saca-testigos geotécnico con cable**

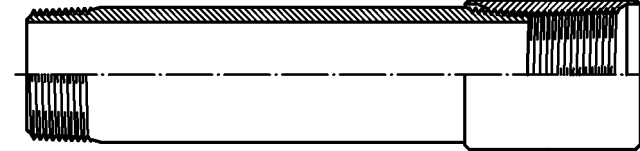
<b>Equipo</b>	<b>Tamaño P</b> mm	<b>Tamaño S</b> mm
Tamaño del testigo	83,0	102,0
Tamaño del sondeo	127,7	146,0
DE de la tubería exterior	117,6	140,0
DI de la tubería exterior	103,2	128,0
DE de la tubería interior	95,2	117,0
DI de la tubería interior	88,9	111,0
DE de la tercera tubería	88,3	110,0
DI de la tercera tubería	84,7	105,6
NOTA La tercera tubería puede ser metálica o plástica.		

## C.6 Revestimiento para piezómetro

Véanse las figuras C.9 y C.10 y las tablas C.14 y C.15.



**Figura C.9 – Revestimiento de piezómetro con rosca macho en un extremo y hembra en el otro, según la Norma BS 879**



**Figura C.10 – Revestimiento de piezómetro con refuerzo en la rosca macho y empotradas macho-hembra, según la Norma BS 879**

**Tabla C.14 – Dimensiones del revestimiento de piezómetro con rosca macho en un extremo y hembra en el otro**

Equipo	4 pulgadas		5 pulgadas		6 pulgadas		8 pulgadas		10 pulgadas		12 pulgadas		13 pulgadas		15 pulgadas		18 pulgadas		21 pulgadas		24 pulgadas	
	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm
DE revestimiento	4,50	114,30	5,50	139,70	6,62	168,30	8,62	219,10	10,75	273,00	12,75	323,90	14,00	355,60	16,00	406,60	19,00	482,80	22,00	558,80	25,00	635,00
Taladro nominal	3,86	98,40	4,87	123,80	5,87	149,20	7,87	200,00	9,87	250,80	11,87	301,60	13,12	333,40	15,00	381,00	18,00	457,20	21,00	533,40	24,00	609,60
Roscas (pulgada)	4		4		4		4		4		4		4		4		4		4		4	

**Tabla C.15 – Dimensiones del revestimiento de piezómetro con refuerzo en la rosca macho y empotradas macho-hembra**

Equipo	4 pulgadas		6 pulgadas		8 pulgadas		10 pulgadas		12 pulgadas		13 pulgadas		15 pulgadas		18 pulgadas		21 pulgadas		24 pulgadas	
	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm
DE revestimiento	4,50	114,30	6,62	168,30	8,62	219,10	10,75	273,00	12,75	323,90	14,00	355,60	16,00	406,40	19,00	482,60	22,00	558,80	25,00	635,00
DI revestimiento	4,00	101,60	6,00	152,40	8,00	203,20	10,00	254,00	12,00	304,80	13,25	336,60	15,25	357,40	18,25	463,60	21,12	536,60	24,12	612,80
DE hembra	5,12	130,00	7,25	184,00	9,31	237,00	11,43	291,00	13,62	346,00	14,87	378,00	16,87	429,00	20,00	508,00	23,12	587,00	26,12	644,00
Roscas (pulgada)	10		10		8		8		8		8		8		8		8		8	



## C.7 Tabla de elección de la corona

Véase la tabla C.16.
















Tabla C.16 – Tabla de elección de la corona

Grupo	Descripción de la roca	Dureza abrasividad	TC	GTS	PDC	TSP	Conjunto de piedras por quilate y por superficie					Tipo de número de impregnación					
							10/15	20/25	30/40	40/60	60/80	2	4	6	8	9	10
1	Arcilla	Blando															
	Pizarra blanda																
	Creta																
	Caliza																
	Yeso																
	Toba volcánica																
2	Arena	Blando a medio															
	Arena suelta																
	Pizarra																
	Mármol																
	Caliza media																
	Sal																
3	Arenisca blanda	Medio-duro, baja abrasividad															
	Pizarra arenosa																
	Lutita																
	Caliza arenosa																
	Esquisto blando																
4	Arenisca media	Medio-duro, alta abrasividad															
	Lutita																
	Caliza calcítica																
	Caliza media																
	Pizarras duras																
5	Caliza dura	Duro, baja abrasividad															
	Caliza dolomítica																
	Esquisto																
	Serpentinita																
	Dolomia																
	Mármol																
	Sienita																
	Andesita																
	Pegmatita																
	Hematina																
6	Magnetita	Muy duro, abrasividad media															
	Gneiss																
	Granito																
	Basalto																
	Gabro																
	Riolita																
***	Arenisca abrasiva							Carbonado									
	Formaciones piriticas																
	Hematina ribeteada																
	Conglomerado																
	Taconita																
TC	De tungsteno carburo ( <i>Tungsten carbide set</i> )						Tipo de número de impregnación:										
GTS	De carburo aserrado geotécnico ( <i>Geotechnical saw-tooth carbide set</i> )						2 para formaciones abrasivas o suaves y fracturadas										
PCD	De diamante policristalino ( <i>Polycrystalline diamond set</i> )						4 para formaciones medias- duras y abrasivas										
TSP	Policristalina térmicamente estable ( <i>Thermally stable polycrvstaline set</i> )						6 para formaciones duras moderadamente abrasivas										
							8 para formaciones uniformemente duras no abrasivas										
							9 para formaciones duras a muy duras y medianamente abrasivas										
							10 para formaciones ultra duras no abrasivas										

## C.8 Perfiles de la corona

Véase la tabla C.17.

**Tabla C.17 – Perfiles de coronas. Diamante, impregnada, TC (Tungsteno carburo) y PCD (Diamante policristalino)**

1		<b>Perfil semi-redondo</b> Perfil para un ritmo de penetración alto. Peso de quilate menor que otros perfiles. Perfil estándar para coronas con dientes delgados.
2		<b>Perfil totalmente redondo</b> Corona con el perfil totalmente redondo para coronas con dientes gruesos.
3		<b>Perfil semi-plano</b> Se utiliza este perfil cuando se toman testigos en formaciones blandas, friables o alteradas, con coronas con dientes finos.
4		<b>Perfil piloto afilado</b> Más fuerte que el perfil 7, pero más lento su ritmo de penetración. Puede sustituir al perfil 7 cuando las formaciones están muy fracturadas.
5		<b>Perfil piloto</b> El perfil piloto proporciona estabilidad y contacto direccional para incrementar la penetración. En coronas de dientes gruesos ayuda a corregir problemas de desviación.
6		<b>Perfil cóncavo afilado</b> Perfil estándar para coronas a destroza.
7		<b>Perfil multi-escalones</b> Permite un mayor ritmo de penetración que los perfiles redondos. Para formaciones frágiles y fracturadas, es decir, normalizado para coronas de superficie.
8		<b>Perfil cóncavo</b> Perfil estándar para coronas a destroza.
9		<b>Perfil piloto cóncavo</b> Se usa para corregir problemas de desviaciones cuando se usan coronas a destroza.
10a		<b>Dos escalones anchos</b> Para usar en formaciones blandas.
10b		<b>Dos escalones anchos con perfil de cara de descarga</b> Para usar en formaciones blandas con caras de descarga.
11		<b>Perfil W</b> Perfil estándar para coronas impregnadas.
12		<b>Perfil plano</b> Perfil para coronas impregnadas.
13		<b>Perfil de dientes de sierra (vista lateral)</b> Perfil de sierra que principalmente se usa en coronas geotécnicas.
14		<b>Perfil de torre (vista lateral)</b>

### Alternativas de fluido

CF (canal de fluido) corona de diseño estándar (*cannel flush*)

ECF (canal de fluido expandido) (*expanded cancell flush*)

### Fluido opcional (si se requiere)

FD (flujo en la cara de descarga) estándar con taladros ovalados (*face discharge flush*)

SCAL (concha) combinación de FD y CF (*scallop*)

NOTA Las coronas con cara de descarga se usan en formaciones sueltas donde el fluido de perforación pueda destrozar el testigo.

### C.9 Tipos y tamaños de coronas de roca

Véanse las figuras C.11 y C.12 y las tablas C.18 y C.19.

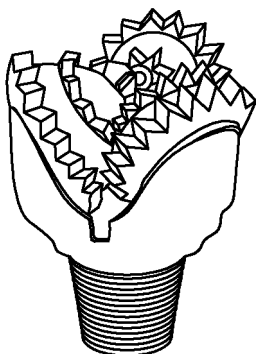


Figura C.11 – Corona tricónica con dientes de sierra

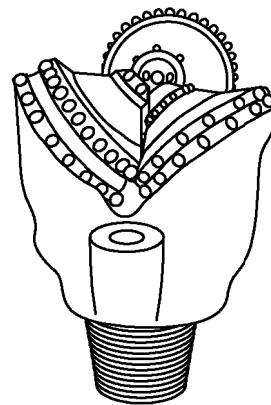


Figura C.12 – Corona de tungsteno carburo

Tabla C.18 – Corona tricónica con dientes de sierra

Tamaño de corona		Rosca	Peso aproximado	
pulgadas	mm		libras	kg
2 7/8	73	4 tpi-N	3	1,4
2 15/16	75	4 tpi-N	3	1,4
3	76	4 tpi-N	3	1,4
3 1/8	79	4 tpi-N	4	1,8
3 1/4	83	4 tpi-N	4	1,8
3 1/2	89	4 tpi-N	4	1,8
3 5/8	92	2 3/8 API	5	2,3
3 3/4	95	2 3/8 API	5	2,3
3 7/8	98	2 3/8 API	6	2,7
4	102	2 3/8 API	7	3,2
4 1/8	105	2 3/8 API	8	3,6
4 1/4	108	2 3/8 API	9	4,1
4 1/2	114	2 3/8 API	10	4,5
4 5/8	118	2 7/8 API	11	5,0
4 3/4	121	2 7/8 API	13	5,9
4 7/8	124	2 7/8 API	14	6,4
5	127	2 7/8 API	15	6,8
5 1/8	130	2 7/8 API	16	7,3
5 1/4	133	2 7/8 API	17	7,7
5 1/2	140	2 7/8 API	20	9,0
5 5/8	143	3 1/2 API	22	10,0
5 7/8	149	3 1/2 API	23	10,5
6	152	3 1/2 API	23	10,5
6 1/8	156	3 1/2 API	24	10,9
6 1/4	159	3 1/2 API	26	11,8
6 3/4	172	3 1/2 API	32	14,5
7 3/8	187	3 1/2 API	66	29,9
7 7/8	200	4 1/2 API	75	34,0
9	229	4 1/2 API	95	43,0
9 7/8	251	6 5/8 API	143	65,0
10 5/8	270	6 5/8 API	162	74,0
12 1/4	311	6 5/8 API	215	98,0

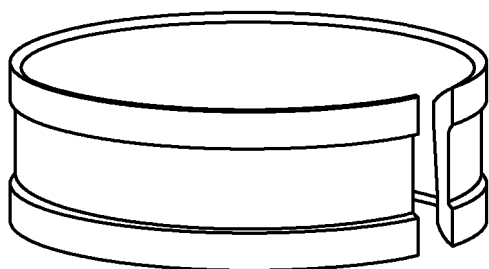
Tabla C.19 – Corona de tungsteno carburo

Tamaño de corona		Rosca	Peso aproximado	
pulgadas	mm		libras	kg
2 15/16	75	4 tpi-N	3	1,4
3	76	4 tpi-N	3	1,4
3 1/8	79	4 tpi-N	4	1,8
3 1/4	83	4 tpi-N	4	1,8
3 1/2	89	4 tpi-N	4	1,8
3 7/8	98	2 3/8 API	6	2,7
4	102	2 3/8 API	7	3,2
4 1/8	105	2 3/8 API	8	3,6
4 1/4	108	2 3/8 API	9	4,1
4 1/2	114	2 3/8 API	10	4,5
4 3/4	121	2 7/8 API	13	5,9
4 7/8	124	2 7/8 API	14	6,4
5	127	2 7/8 API	15	6,8
5 1/8	130	2 7/8 API	16	7,3
5 1/4	133	2 7/8 API	17	7,7
5 1/2	140	2 7/8 API	20	9,0
5 5/8	143	3 1/2 API	22	10,0
5 7/8	149	3 1/2 API	23	10,5
6	152	3 1/2 API	23	10,5
6 1/8	156	3 1/2 API	24	10,9
6 1/4	159	3 1/2 API	26	11,8
6 3/4	172	3 1/2 API	32	14,5
7 3/8	187	3 1/2 API	62	28,1
7 7/8	200	4 1/2 API	78	35,5
9	229	4 1/2 API	98	44,5
9 7/8	251	6 5/8 API	143	65,0
10 5/8	270	6 1/2 API	162	74,0
11	279	6 1/2 API	167	76,0
12 1/4	311	6 1/2 API	215	98,0

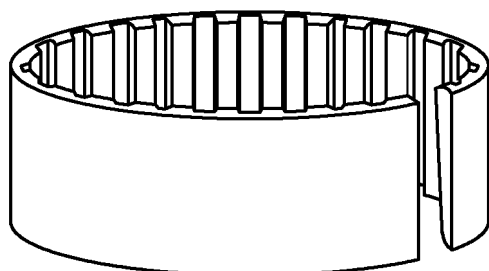
### C.10 Ejemplos de levanta-testigos y cilindros para retener muestras

Los levanta-testigos se usan para romper el testigo al final de la longitud de penetración del testigo y para retener el testigo dentro del saca-testigos para sacarlo a la superficie. La figura C.13 muestra ejemplos de los tipos de levanta-testigos más usados comúnmente.

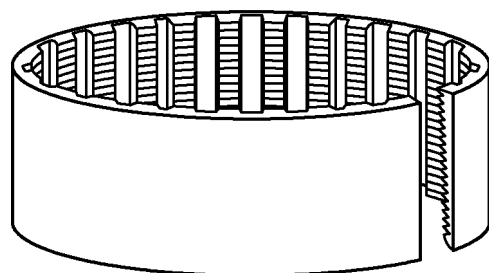
#### C.10.1 Levanta-testigos típicos



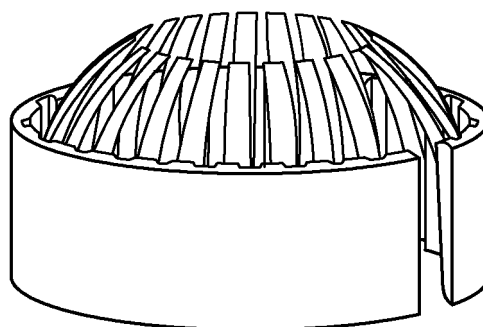
a) Plano



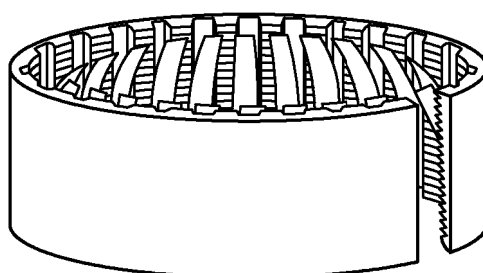
b) Ranurado internamente



c) Ranurado y aserrado internamente



d) Ranurado internamente con dedos de cesta

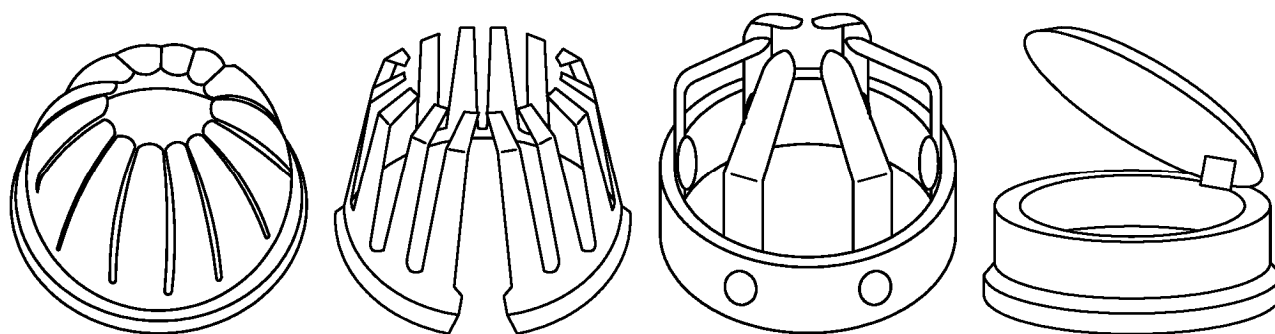


e) Ranurado y aserrado internamente con dedos de cesta

Figura C.13 – Levanta-testigos típicos

### C.10.2 Retenedores para toma-muestras típicos

Los cilindros para retener muestras se usan para quedarse con la muestra de suelo dentro del tubo de toma de muestras mientras éste se levanta a la superficie. La figura C.14 muestra unos cuantos ejemplos de los más comunes.



a) Cilindro de retención  
de cesta de plástico  
o acero

b) Cilindro de retención  
de muelle  
(muestras ligeras)

c) Cilindro de retención  
de cesta  
(muestras pesadas)

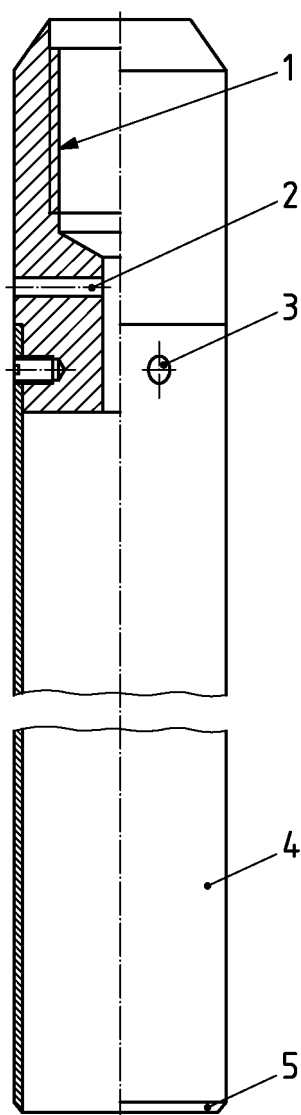
d) Cilindro de retención  
de tapa

**Figura C.14 – Retenedores para toma-muestras típicos**

## C.11 Equipos de muestreo

### C.11.1 Toma-muestras de pared delgada (tubo Shelby)

Véase la figura C.15.



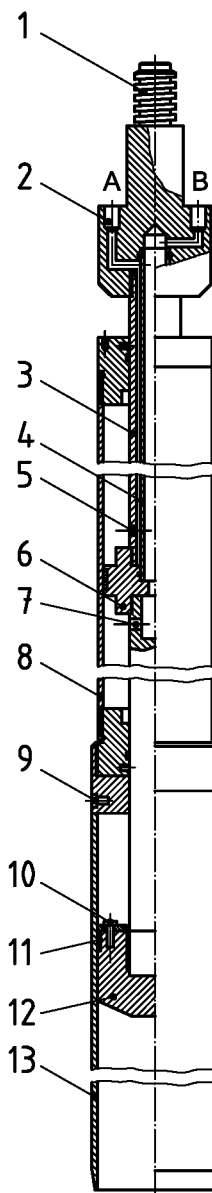
#### Leyenda

- 1 Cabeza del toma-muestras con caja de conexión al varillaje de perforación
- 2 Orificio de ventilación
- 3 Tornillos (3) para asegurar el tubo toma-muestras a la cabeza
- 4 Tubo Shelby de pared delgada
- 5 Filo de corte biselado

**Figura C.15 – Toma-muestras de pared delgada (tubo Shelby)**

### C.11.2 Toma-muestras de pistón hidráulico

Véase la figura C.16.



#### Leyenda

- 1 Perno de la varilla de perforación
- 2 Manguito de conexión BSP de 1/4"
- 3 Tubo conductor exterior
- 4 Tubo conductor interior
- 5 Orificio de aceite A
- 6 Pistón interior
- 7 Orificio de aceite B
- 8 Cilindro hidráulico (5 litros)
- 9 Tornillo para asegurar el tubo toma-muestras
- 10 Chapa negra con tornillo Allen
- 11 Sello del pistón
- 12 Cabeza del pistón
- 13 Tubo toma-muestras de aluminio

**Figura C.16 – Toma-muestras de pistón hidráulico**



### C.11.3 Toma-muestras de pistón estacionario

La figura C.17 muestra un toma-muestras de pistón estacionario con un revestimiento de 50 mm de diámetro para tomar muestras en suelos cohesivos blandos a rígidos y limos (categoría de muestreo A).

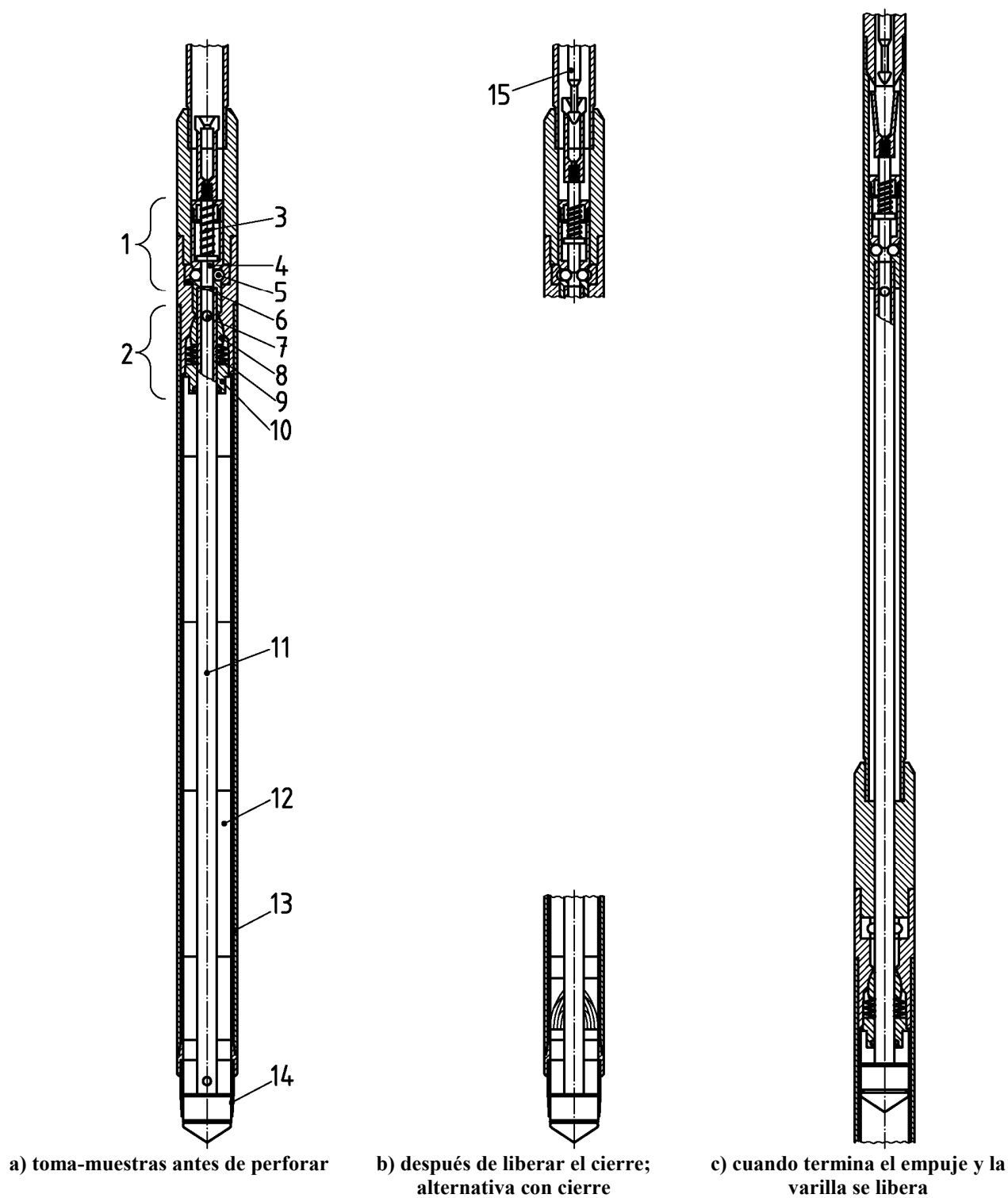


Figura C.17 – Toma-muestras de pistón estacionario con un revestimiento de 50 mm de diámetro. Categoría de muestreo A

## Leyenda

- 1 Cerradura
- 2 Freno
- 3 Muelle
- 4 Desatascador
- 5 Bola
- 6 Anillo endurecido
- 7 Conducto de ventilación
- 8 Cuñas
- 9 Muelles
- 10 Conjunto de tornillos
- 11 Pistón
- 12 Tubo toma-muestras
- 13 Cilindro exterior
- 14 Filo de corte
- 15 Varilla de suelte

<sup>a</sup> A ajustar en base al material

**Figura C.17 – (continuación)**

La figura C.18 muestra las partes diferentes de un toma-muestras de pistón estacionario con un revestimiento de 50 mm de diámetro.

Medidas en milímetros

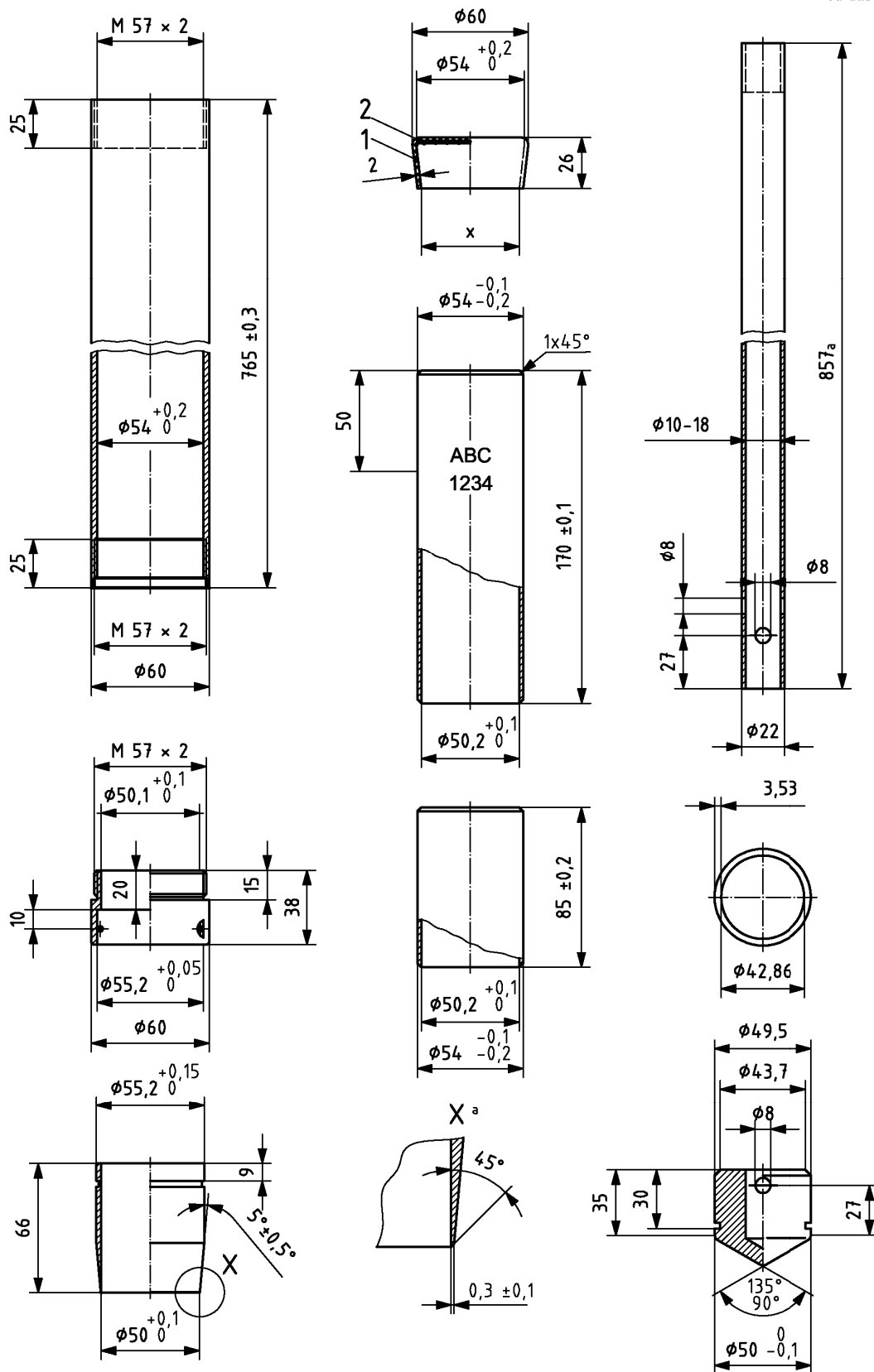
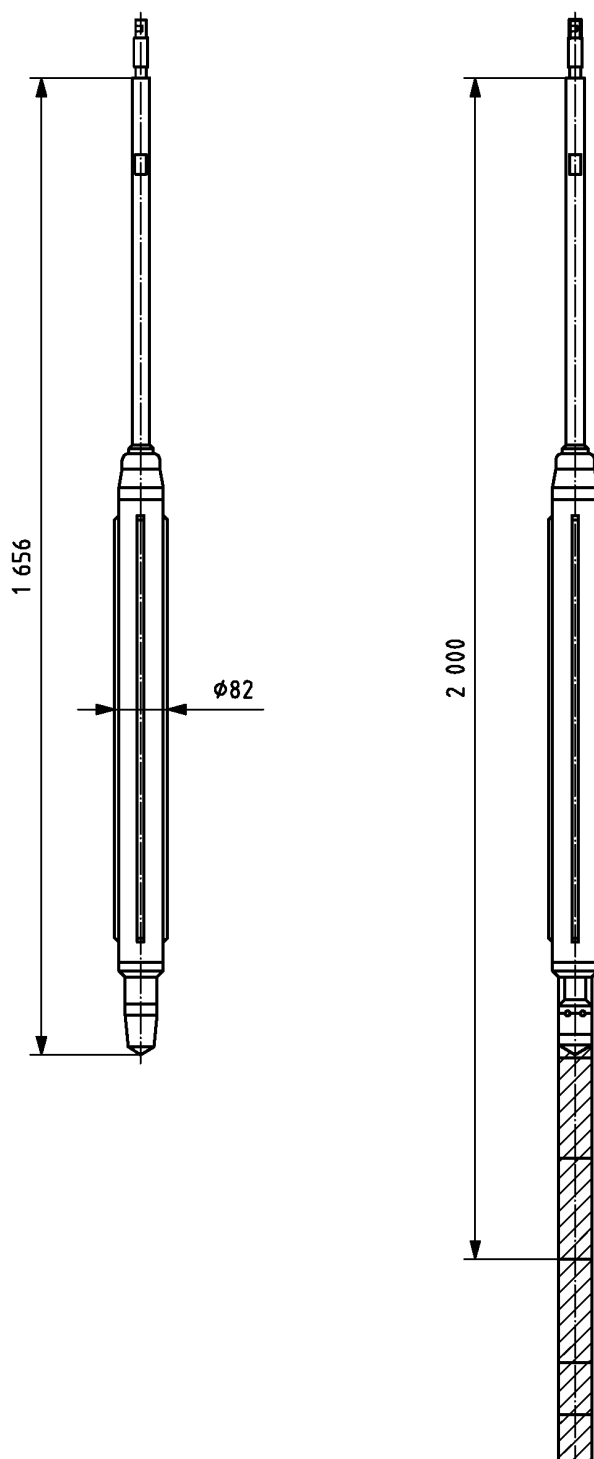


Figura C.18 – Toma-muestras de pistón estacionario con un revestimiento de 50 mm de diámetro. Partes

En la figura C.19 se muestra un toma-muestras con un revestimiento de 50 mm de diámetro utilizado para tomar muestras en suelos cohesivos blandos a rígidos y limos (categoría de muestreo A y B). Las muestras se cortan rotando el sistema de varillaje interior. Este principio de muestreo también se utiliza también suelos sin cohesión con revestimientos de 25 mm, 34 mm y 50 mm de diámetro (muestreo de categoría B).

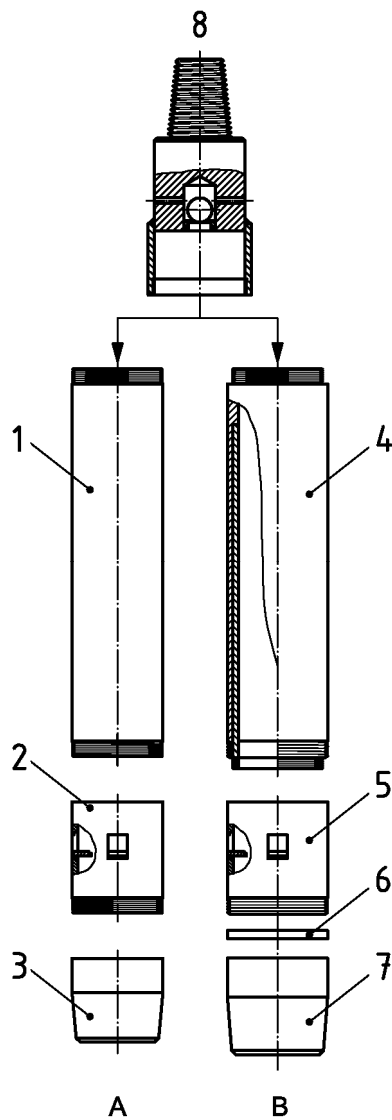
Medidas en milímetros



**Figura C.19 – Toma-muestras de pistón estacionario con un revestimiento de 50 mm de diámetro. Categorías de muestreo A y B**

### C.11.4 Toma-muestras U100

Véase la figura C.20.



A) Sistema estándar

B) Sistema de camisa de plástico

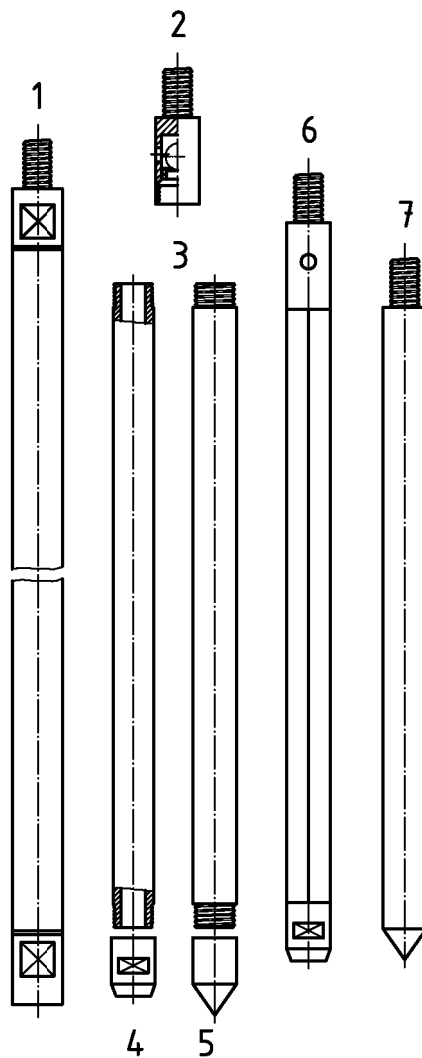
#### Leyenda

- |   |  |
|---|--|
| 1 Tubo toma-muestras (acero chapado en cadmio o aluminio) | 5 Receptor del testigo (opcional)            |
| 2 Receptor del testigo (opcional)                         | 6 Anillo separador                           |
| 3 Zapata de corte (filo plano o aserrado)                 | 7 Zapata de corte (filo plano o aserrado)    |
| 4 Tubo de cuerpo de acero (camisa de plástico envolvente) | 8 Cabeza de guiado U100 (campana protectora) |

**Figura C.20 – Toma-muestras U100**

**C.11.5 Toma-muestras para el ensayo de penetración estándar (SPT)**

Véase la figura C.21.

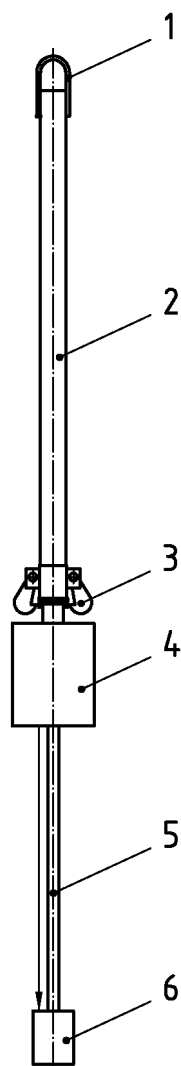
**Leyenda**

- 1 Varilla SPT
- 2 Adaptador superior
- 3 Toma-muestras de cuchara partida
- 4 Zapata SPT
- 5 Cono sólido SPT
- 6 Ensamblaje completo SPT
- 7 Varilla sólida SPT

**Figura C.21 – Toma-muestras para el ensayo de penetración estándar (SPT)**

**C.11.6 Martillo corredizo automático típico**

Véase la figura C.22.

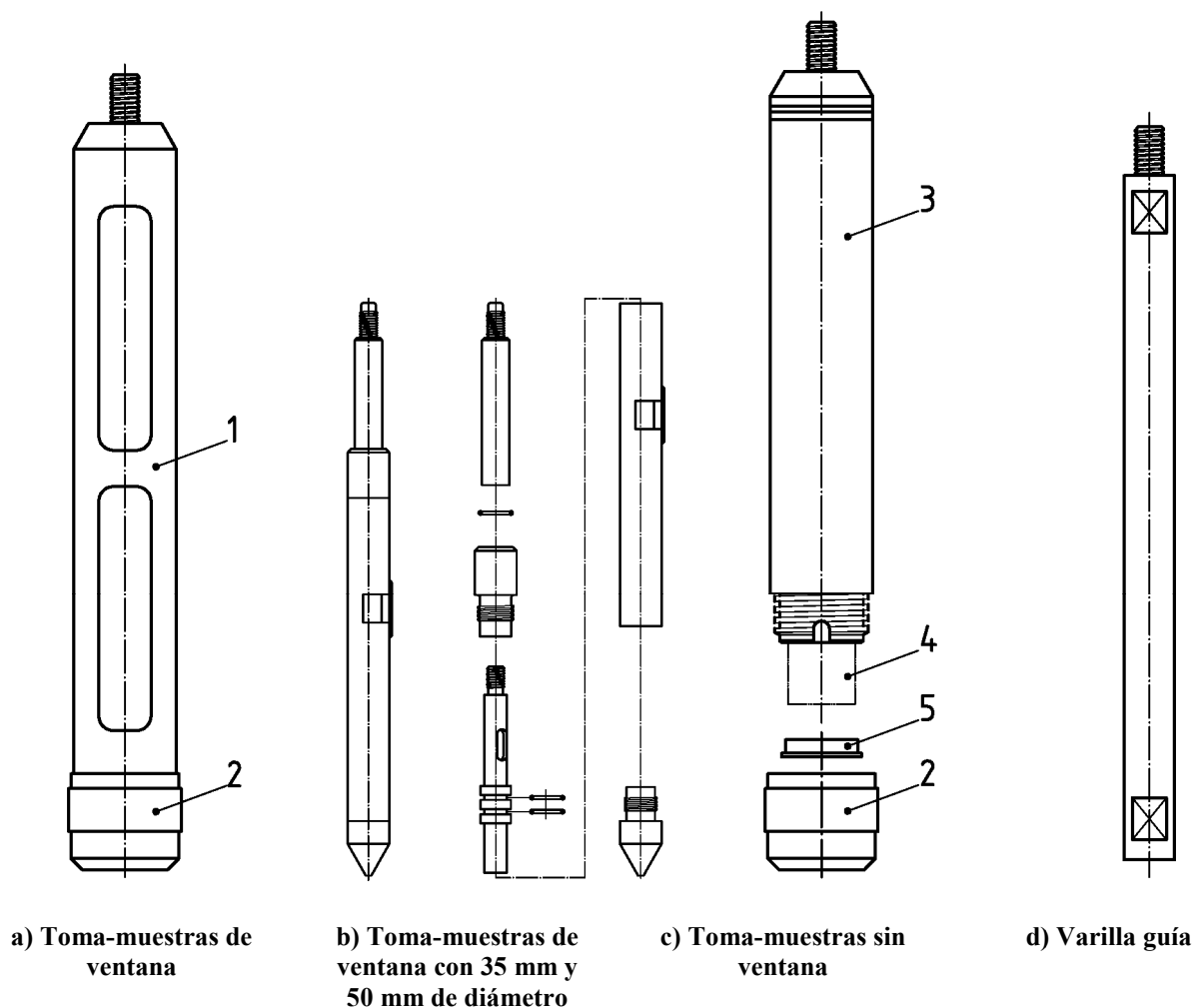
**Leyenda**

- 1 Ojo elevador
- 2 Tubo exterior
- 3 Patas elevadoras con muelles
- 4 Peso guía
- 5 Varilla guía
- 6 Yunque

**Figura C.22 – Martillo corredizo automático típico**

### C.11.7 Toma-muestras de ventana y sin ventana

La figura C.23 muestra un toma-muestras de ventana para tomar muestras en suelos sin cohesión (categoría de muestreo C). La ventana se abre al rotar el sistema de varillaje.



#### Leyenda

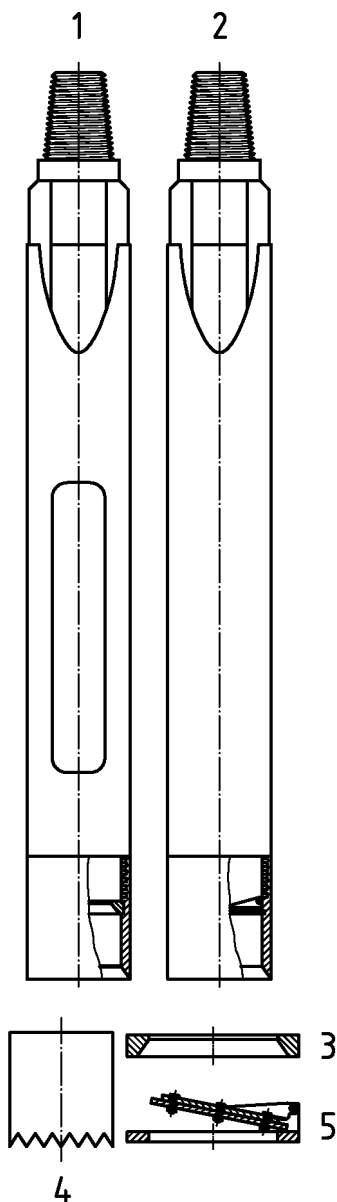
- 1 Tubo-ventana toma-muestras
- 2 Zapata
- 3 Tubo toma-muestras
- 4 Camisa de plástico
- 5 Tapón

**Figura C.23 – Toma-muestras de ventana y sin ventana**



**C.12 Herramientas de perforación de percusión con cable****C.12.4 Cortador de arcilla y toma-muestras de fluidos (agua/fangos)**

Véase la figura C.24.

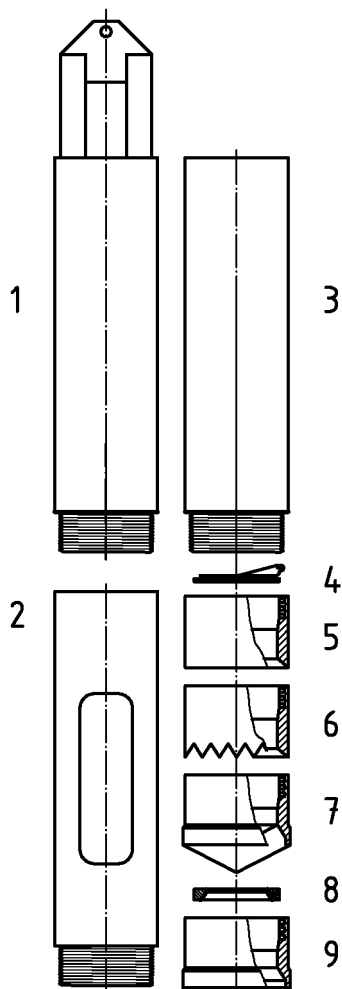
**Leyenda**

- 1 Cortador de arcilla
- 2 Toma-muestras de fluidos
- 3 Anillo cortador de arcilla
- 4 Zapata de sierra
- 5 Tapa de cuero

**Figura C.24 – Cortador de arcilla y toma-muestras de fluidos (agua/fangos)**

**C.12.5 Toma de muestras en sección**

Véase la figura C.25.

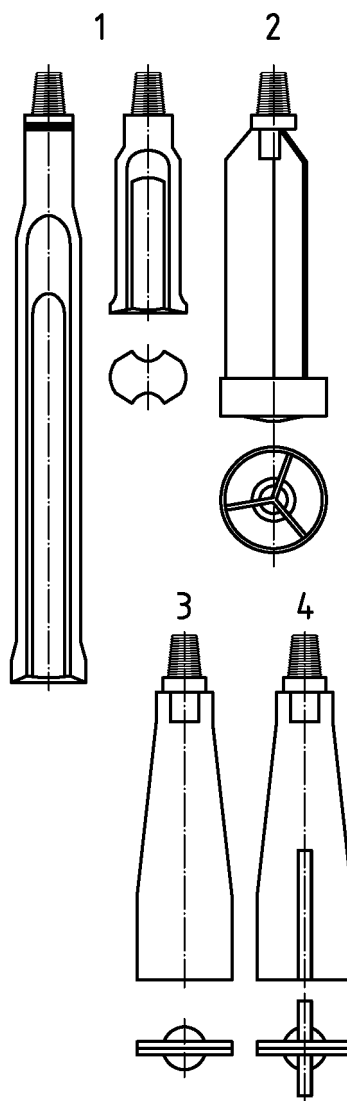
**Leyenda**

- 1 Sección de enganche
- 2 Sección de ventana
- 3 Sección plana
- 4 Tapa
- 5 Zapata plana
- 6 Zapata de sierra
- 7 Zapata trépano
- 8 Anillo cortador de arcilla
- 9 Zapata cortadora de arcilla

**Figura C.25 – Carcasa seccional**

**C.12.6 Trépanos y martillo**

Véase la figura C.26.

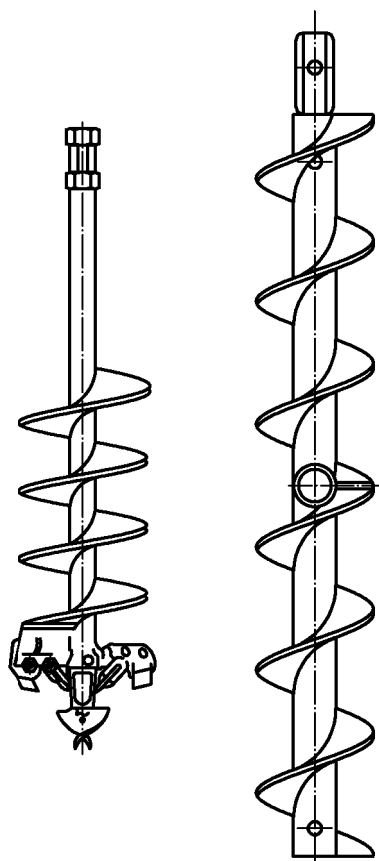
**Leyenda**

- 1 Puntas california
- 2 Talón
- 3 Punta plana
- 4 Punta en cruz

**Figura C.26 – Trépanos y martillo**

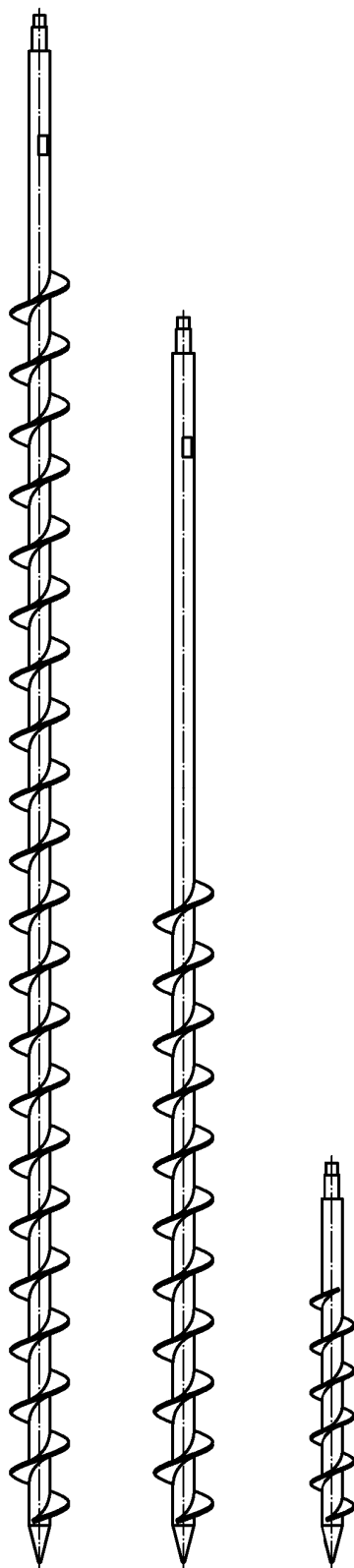
**C.13 Tipo de barrenas****C.13.4 Barrena continua**

Véase la figura C.27.



**Figura C.27 – Barrena continua**

La figura C.28 muestra barrenas con diámetros comprendidos entre 36 mm y 100 mm para tomar muestras de en suelos cohesivos y suelos sin cohesión sobre el nivel freático (categoría de muestreo C).

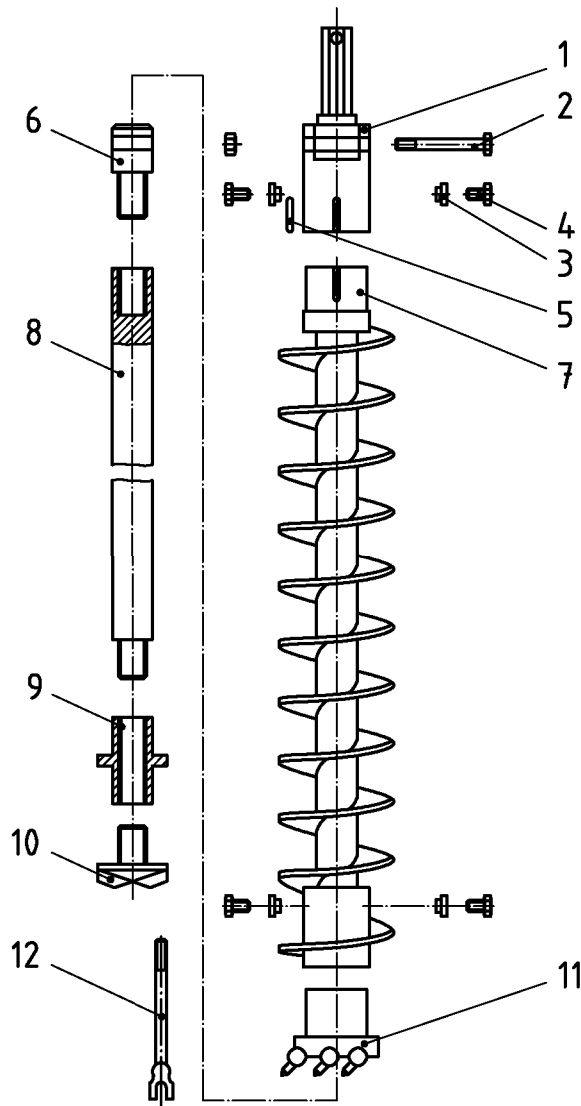


Diámetros mm	Longitud de la barrena mm	Rosca de la barrena	Longitud total mm
36	250	A derechas	300
40	500	A derechas	1 000
50	500	A derechas	1 000
50	1 000	A derechas	1 250
75	500	A derechas	1 000
100	500	A derechas	1 000
60	1 000	A izquierdas	1 220

Figura C.28 – Barrenas con diámetros entre 36 mm y 100 mm. Categoría de muestreo C

**C.13.5 Barrena continua con eje hueco**

Véase la figura C.29.



**Leyenda**

- |   |   |    |                                |
|---|---|----|--------------------------------|
| 1 | Tapón guía                                    | 7  | Barrena continua con eje hueco |
| 2 | Tuerca y tornillo del adaptador varilla-tapón | 8  | Varilla de perforación         |
| 3 | Arandela                                      | 9  | Conector de la corona          |
| 4 | Tornillo de cierre                            | 10 | Corona                         |
| 5 | Llave de guiado                               | 11 | Cabeza de corte                |
| 6 | Adaptador varilla-tapón                       | 12 | Llave                          |

**Figura C.29 – Barrena continua con eje hueco**

#### C.14 Método de recuperación de muestras de catas

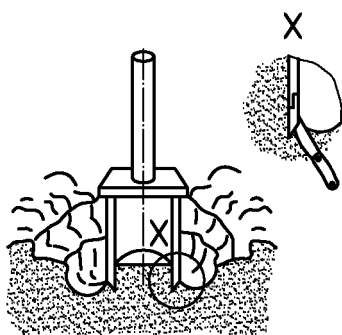
Se coloca un tubo toma-muestras cilíndrico en una superficie preparada y se empuja dentro del suelo. El suelo se desplaza de los alrededores del tubo toma-muestras hacia el interior del filo de corte. Véase la figura C.30 a).

Entonces se empuja al tubo toma-muestras más hacia el interior del suelo y se sigue introduciendo suelo dentro del filo de corte. Véase la figura C.30 b).

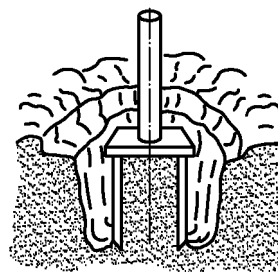
El toma-muestras se retira del suelo. Véase la figura C.30 c).

El toma-muestras se sella. Véase la figura C.30 d).

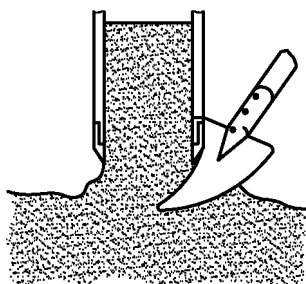
La figura C.31 muestra un ejemplo ilustrado de toma de muestras de catas.



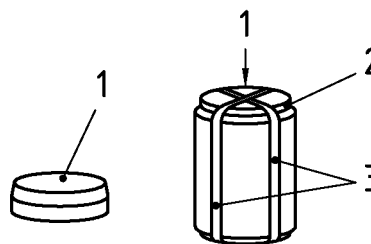
a) Posicionamiento del toma-muestras



b) Introducción del toma-muestras en el suelo



c) Retirada del toma-muestras del suelo



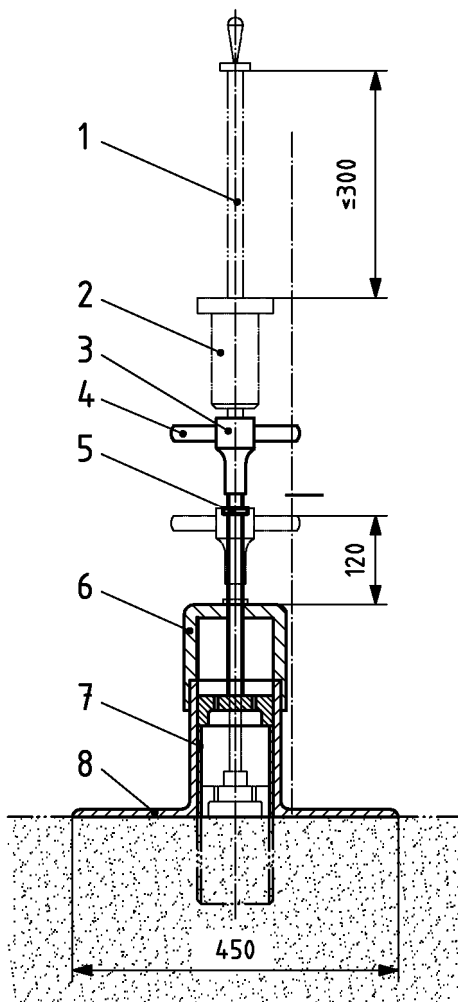
d) Sellado de la muestra

#### Leyenda

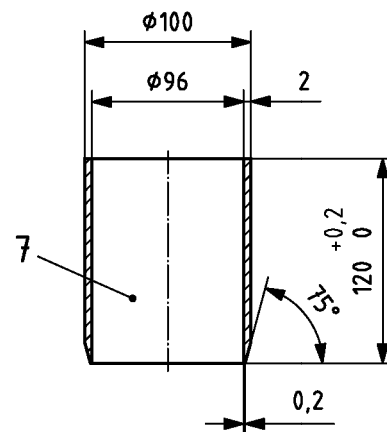
- 1 Tapón impermeable
- 2 Sello de parafina o impermeable
- 3 Cinta adhesiva fuerte

Figura C.30 – Ejemplos de toma de muestras de catas

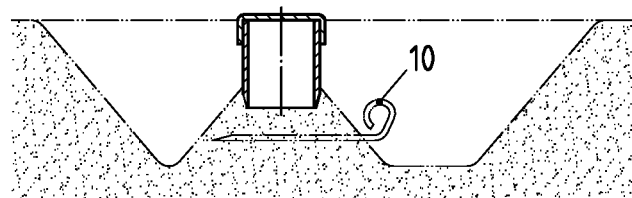
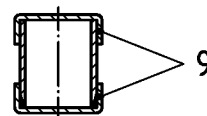
Medidas en milímetros



**a) Disposición del toma-muestrasb)**  
**Tubo toma-muestras**



**b) Tubo toma-muestras**



### c) Proceso de muestreo

### Leyenda

- 1 Varillas de perforación por percusión
- 2 Peso de caída
- 3 Yunque
- 4 Dispositivo de guiado
- 5 Anillo marcador

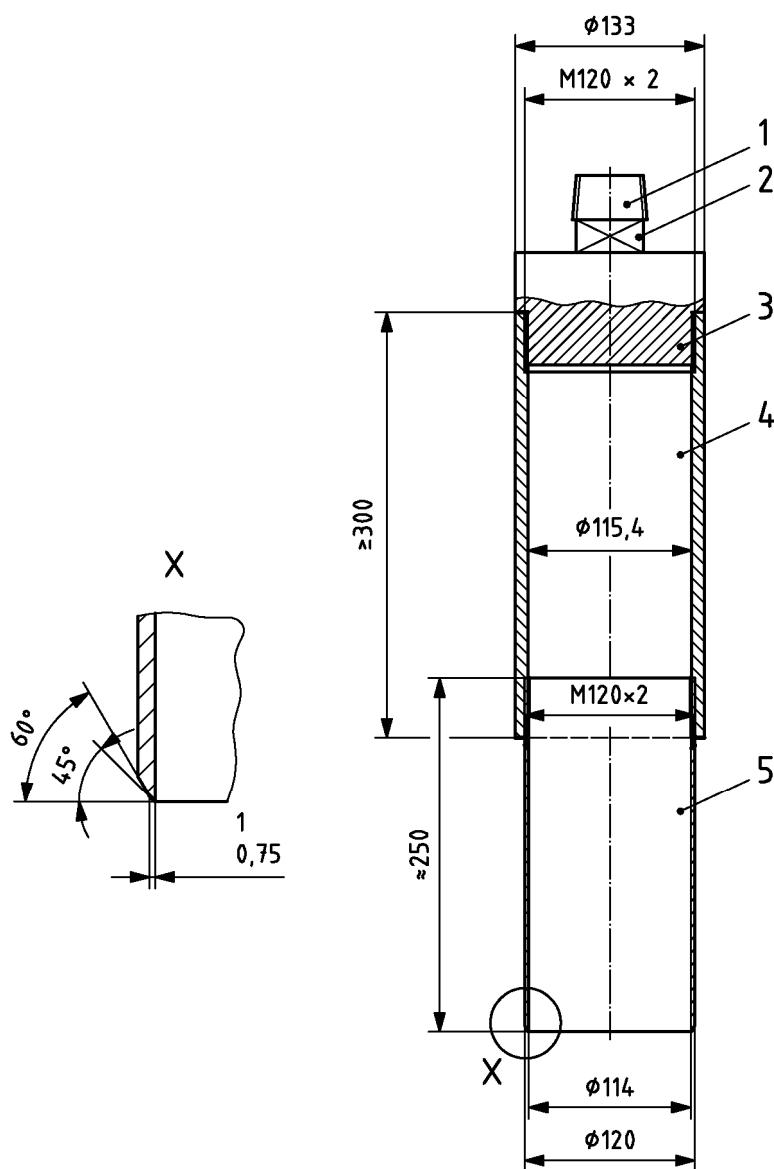
- 6 Capucha de guiado
- 7 Tubo toma-muestras
- 8 Plato de guiado
- 9 Tapones (sellados con cinta adhesiva)
- 10 Chapa de metal para limitar la profundidad de penetración

**Figura C.31 – Toma de muestras de catas. Ejemplo**



Las figuras C.32 y C.33 muestran toma-muestras de tubo abierto de pared delgada y pared gruesa.

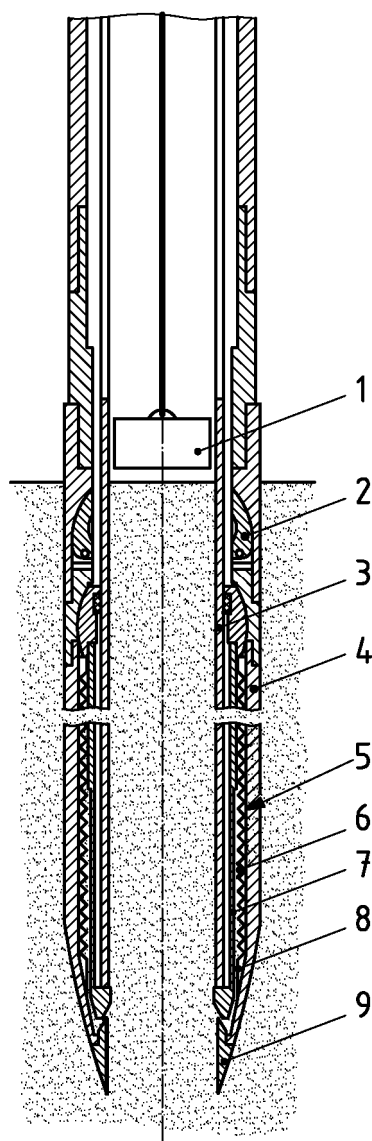
Medidas en milímetros



Leyenda

- 1 Rosca de la tubería
- 2 Ancho de las muescas
- 3 Cabeza del toma-muestras sin válvula de retorno (no se muestra)
- 4 Cámara superior
- 5 Tubo toma-muestras

**Figura C.32 – Ejemplo de toma-muestras de pared delgada y tubo abierto**



## Leyenda

- 1 Émbolo para almacenaje
- 2 Levanta-testigos
- 3 Camisa de plástico
- 4 Saca-testigos exterior
- 5 Tubo de almacenamiento
- 6 Cámara de almacenamiento
- 7 Tubo de acero
- 8 Funda de nylon (hasta 20 m de longitud)
- 9 Zapata de corte

**Figura C.33 – Ejemplo de toma-muestras de pared gruesa y tubo abierto**

## C.15 Método de muestreo usando un toma-muestras para grandes muestras

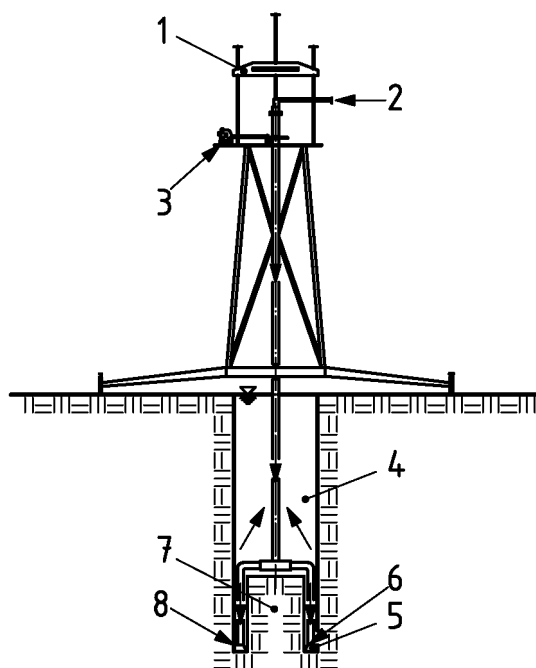
### C.15.1 Método de muestreo usando un toma-muestras de bloque Sherbrooke

#### a) Preparación del sondeo

La preparación del sondeo para un toma-muestras de bloque Sherbrooke requiere el uso de una barrena sólida con un diámetro de 400 mm. El sondeo se puede sostener con lodo o se puede encamisar hasta el nivel de muestreo. Antes de bajar el toma-muestras grande al sondeo (véase la figura C.34), cualquier detrito suelto o material alterado se saca del fondo del taladro usando una barrena de fondo plana de 400 mm de diámetro.

#### b) Procedimiento de muestreo con recuperación de testigo

El toma-muestras de bloque Sherbrooke talla un bloque de suelo cilíndrico de 250 mm de diámetro con ayuda de tres cuchillos de corte. Estas herramientas tienen un movimiento anular que permite tallar una ranura de 5 cm de ancho alrededor de un cilindro de arcilla. Cada herramienta de corte se alimenta con agua o lodos para ayudar a evacuar el detrito durante el muestreo. El toma-muestras está conectado a un sistema de varillaje de perforación corriente que lo rota a un ritmo de 5 r/min durante el tallado. El ritmo de avance vertical puede variar con los tipos de arcilla, pero generalmente tarda de 25 min a 30 min. Cuando se completa el tallado de los 350 mm de longitud del cilindro, se activa un diafragma horizontal fijo cada herramienta de corte desde la superficie y se empuja hasta el extremo inferior del bloque de suelo. Se requieren 5 min adicionales para permitir que estos elementos de fondo corten bajo el testigo mientras el toma-muestras sigue rotando. El cierre de los diafragmas separa la muestra del suelo de alrededor y sujeta el testigo por su parte inferior cuando éste se levanta a la superficie. El testigo se separa muy lentamente los primeros centímetros para permitir una buena circulación de agua bajo el testigo y así evitar succiones.



#### Leyenda

- 1 Control de la progresión vertical (manualmente)
- 2 Ranura anular
- 3 Rotación (mecánica o eléctrica)
- 4 Agua o lodo bentonítico
- 5 Taladro de 400 mm de diámetro
- 6 Agua circulando en cada pata
- 7 Muestra tallada (diafragma inferior abierto)
- 8 Herramientas de corte a 120°

**Figura C.34 – Ejemplo de muestreo desde el fondo de un taladro usando un toma-muestras grande**

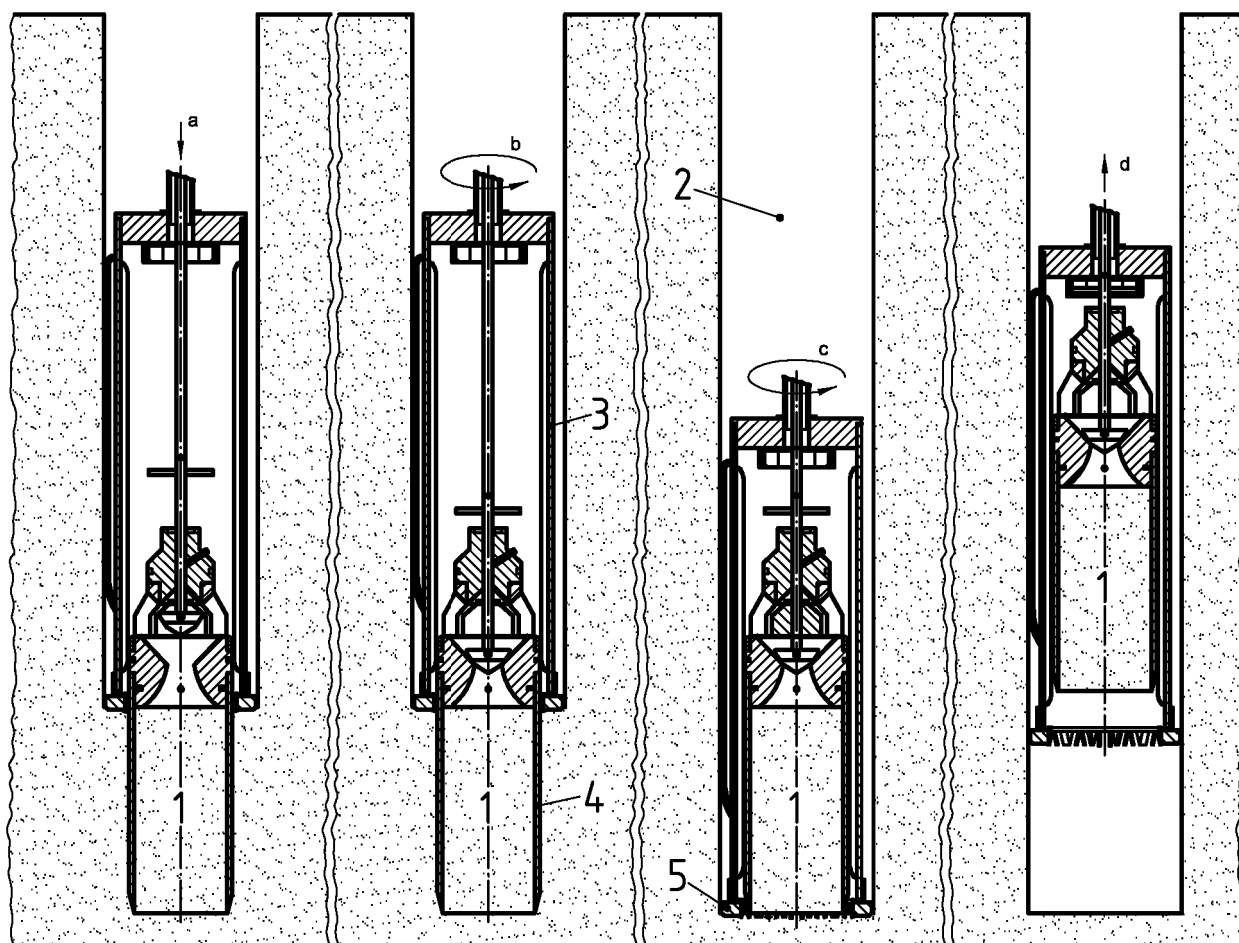
**C.15.2 Método de muestreo usando un toma-muestras Laval****a) Preparación del sondeo**

La preparación del sondeo para un toma-muestras Laval se hace de dos formas, o por la toma de muestras anterior o por medio de una barrena sólida con un diámetro de 400 mm. El sondeo se puede sostener con lodo o se puede encamisar hasta el nivel de muestreo. Antes de bajar el toma-muestras grande al sondeo (véase la figura C.35), cualquier detrito suelto o material alterado se saca del fondo del sondeo usando una barrena de fondo plana de 400 mm de diámetro.

**b) Procedimiento de muestreo con recuperación de testigo**

El conjunto toma-muestras se baja al sondeo estando éste enganchado dentro del tubo toma-muestras y con la válvula de cabeza abierta; entonces el lodo puede fluir libremente a través del toma-muestras. Cuando del filo inferior del tubo toma-muestras alcanza el fondo del sondeo, éste se sujeta desde la superficie y el toma-muestras se desengancha tirando y girando un poco la varilla central. Mientras se empuja el tubo toma-muestras dentro del suelo con un par continuo, el lodo fluye fuera del tubo a través de la cabeza de la válvula del toma-muestras. Para asegurar que no se aplica ninguna presión en la muestra de suelo, se detiene el movimiento del toma-muestras cuando la cabeza del toma-muestras ha alcanzado una cota de 50 mm aproximadamente sobre la parte superior del testigo. Entonces se cierra la cabeza de la válvula y la operación de producir el testigo se lleva a cabo rotando el tubo levanta-testigos, al mismo tiempo que se inyecta lodo bentonítico bajo presión. Este lodo fluye a través del varillaje de perforación entre los tubos de muestreo y de testificación, lavando la arcilla remoldeada fuera de los dientes y cortadores del anillo de remoldeo. Cuando el anillo de testificación ha alcanzado una profundidad de aproximadamente 20 mm bajo el filo del toma-muestras, se para la producción del testigo y se rota el toma-muestras 90°, se tira de él con cuidado y se engancha de nuevo al collar del tubo del testigo listo para sacarlo del taladro.

Las muestras de suelo se extruden inmediatamente después del muestreo en el campo. Se cortan con un alambre en piezas de 130 mm o 200 mm de alto, dependiendo del tipo de ensayos que se van a realizar. Las piezas se colocan en una tabla de contrachapado encerada, envueltas en un papel especial y colocadas entre capas de una mezcla de parafina y vaselina, y listas para transportar y almacenar.



## Leyenda

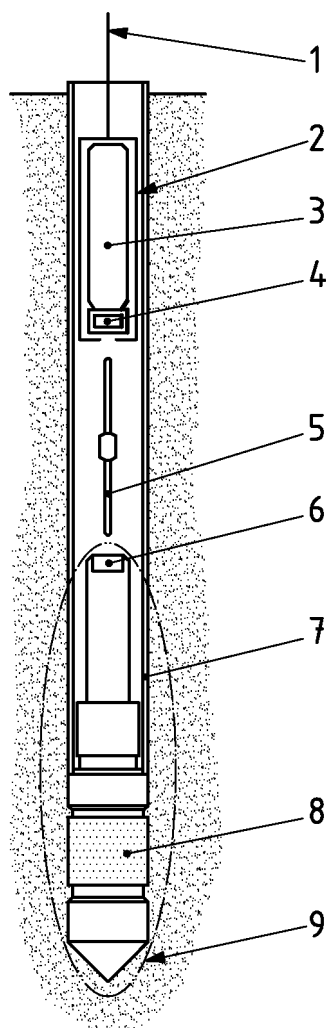
- 1 Muestra
- 2 Sondeo de 300 mm de diámetro
- 3 Tubo de testificación
- 4 Tubo toma-muestras
- 5 Diente de corte

- a El tubo toma-muestras se empuja hacia abajo.
- b La cabeza de la válvula se cierra atornillando el varillaje interior.
- c La operación de testificación se realiza rotando el tubo de testificación.
- d El tubo toma-muestras se engancha de nuevo al collar del tubo de testificación y el toma-muestras se saca del sondeo

**Figura C.35 – Método de muestreo usando el toma-muestras Laval**

**ANEXO D (Informativo)****BOTES DE VACÍO PARA EL MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA**

Cuando se toman muestras de agua subterránea a través de una punta filtrante, esta punta y la tubería de extensión deberían instalarse por empuje, percusión o pre-taladrando. Por la punta filtrante debe introducirse agua que no esté alterada por el proceso de perforación. Cuando se emplea el muestreo con bote de vacío, la punta filtrante debería tener un disco de goma flexible en su extremo superior para impedir la entrada de agua a la tubería de extensión (véase la figura D.1). El toma-muestras está provisto de un alojamiento, un contenedor de evacuación de muestra con un disco de goma flexible en su extremo inferior, una aguja hipodérmica hueca de doble extremo afilado y un cable con una cinta de medir. Debe lavarse a fondo el contenedor de muestras y sus diferentes partes y, si fuera necesario, esterilizarlo hirviéndolo durante 10 min a 105 °C. Cuando se enfría y se seca, se debería quitar la aguja hipodérmica, de modo que ésta no penetre en el disco de goma del toma-muestras antes de entrar en el disco de goma filtrante. El toma-muestras se baja hasta el filtro y la aguja penetra primero en el disco de goma en la parte superior del filtro y luego en el disco de goma del contenedor de la muestra. Debido al vacío en el contenedor, el agua entra por succión en él. Se debe comprobar que el contenedor se llene con la cantidad requerida. El tiempo de llenado depende de la permeabilidad del suelo. Puede llevar varios minutos en suelos arenosos, pero en arcillas puede llegar a los 30 min. El toma-muestras se debe sacar lentamente mientras se cierran automáticamente los discos de goma del contenedor y la punta filtrante. Si se precisa, se puede repetir la operación, a menos que se extraiga la tubería de extensión con su punta filtrante.



## Leyenda

- 1 Cable
- 2 Contenedor de alojamiento
- 3 Contenedor de muestras evacuado (vial)
- 4 Disco de goma flexible
- 5 Aguja de doble extremo
- 6 Disco de goma flexible
- 7 Tubería de extensión
- 8 Filtro
- 9 Punta filtrante

**Figura D.1 – Equipo de muestreo de bote de vacío**

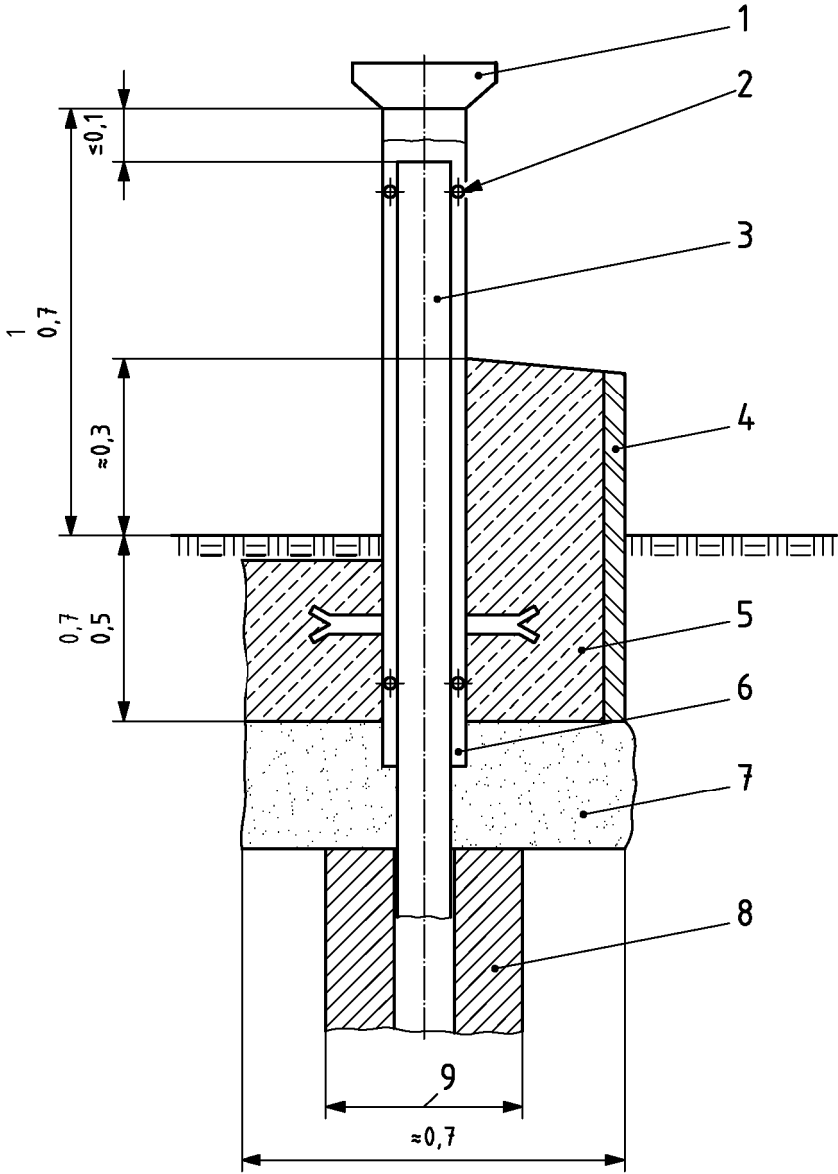
ANEXO E (Informativo)

MEDIDAS DE PROTECCIÓN DE PIEZÓMETROS

E.1 Sistemas abiertos

Las tuberías piezométricas de los sistemas abiertos deben protegerse contra daños si su extremo superior sobresale de la superficie del terreno (por ejemplo, con estacas arriostadas en forma triangular o con bloques de hormigón) (véase la figura E.1).

Medidas en metros



Leyenda

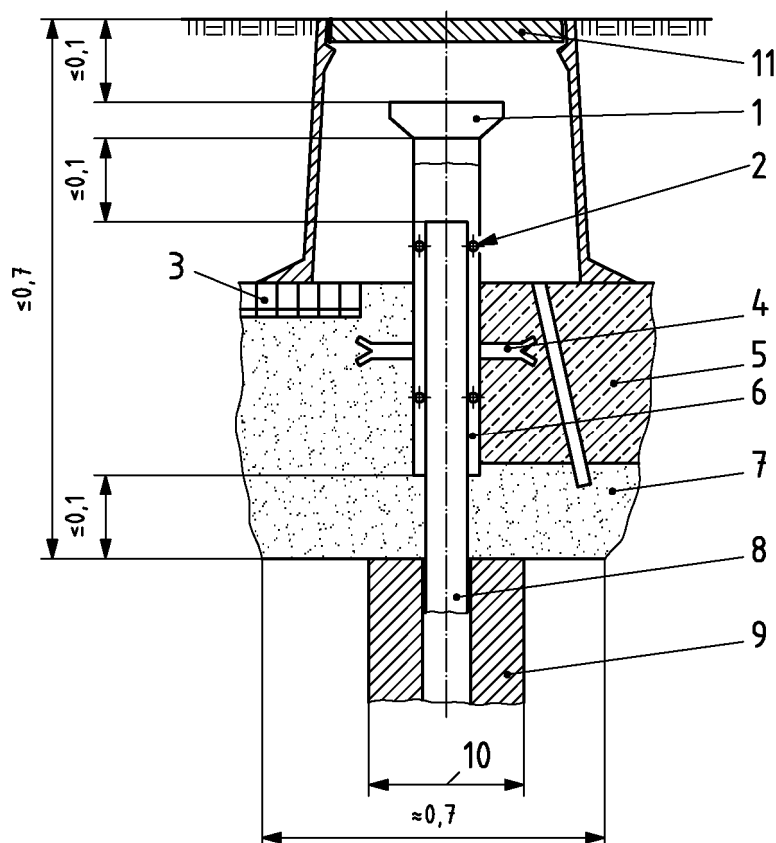
- |                                       |                              |                             |
|---------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1 Tapón que se puede cerrar con llave | 4 Anillo de acero (opcional) | 7 Capa anticongelante       |
| 2 Sellado                             | 5 Hormigón                   | 8 Sellado de espacio anular |
| 3 Encamisado                          | 6 Camisa protectora          | 9 Diámetro del sondeo       |

Figura E.1 – Ejemplo de terminación de un piezómetro abierto sobre la superficie del terreno



Cuando no es conveniente que sobresalgan los piezómetros, se debe instalar una caja protectora a nivel superficial (con una tapa capaz de soportar el tráfico, por ejemplo) (véase la figura E.2). Se debe asegurar que se pueda drenar cualquier agua superficial que penetre en la caja (por ejemplo, introduciendo una tubería de drenaje en las cimentaciones de hormigón).

Medidas en metros



#### Leyenda

- |                                      |                             |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1 Tapa que se puede cerrar con llave | 7 Capa anticongelante       |
| 2 Sellado                            | 8 Camisa                    |
| 3 Ladrillo                           | 9 Sellado de espacio anular |
| 4 Anclaje                            | 10 Diámetro del taladro     |
| 5 Hormigón con drenaje (opcional)    | 11 Tapa de calzada          |
| 6 Camisa protectora                  |                             |

**Figura E.2 – Ejemplo de terminación de un piezómetro abierto bajo la superficie del terreno**

## E.2 Sistemas cerrados

Todas las tuberías y cables que conecten al piezómetro y al dispositivo de lectura en los sistemas de agua subterránea cerrados, se deben proteger de daños mecánicos (por ejemplo, en zanjas excavadas y rellenadas con arena). Se debe marcar claramente en el emplazamiento cualquier tubería de extensión que se deje en el terreno hasta la retracción de los piezómetros y se debe proteger contra daños.

**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] ISO/TS 22475-2, *Geotechnical investigation and testing. Sampling methods and groundwater measurements. Part 2: Qualification criteria for enterprises and personnel*
- [2] ISO/TS 22475-3, *Geotechnical investigation and testing. Sampling methods and groundwater measurements. Part 3: Conformity assessment for enterprises and personnel by third party*
- [3] ISO 10381 (all parts), *Soil quality. Sampling*
- [4] ISO 5667 (all parts), *Water quality. Sampling*
- [5] BS 879, *Water-well casing*
- [6] ACKER, W.L. (1974): *Basic Procedures for Soil Sampling and Core Drilling*. Acker Drill Company Inc., Scranton, PA
- [7] ARNOLD, W. (ed.) (1993): *Flachbohrtechnik*. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie; Leipzig
- [8] Australian Drilling Industry Training Committee Ltd. (ed.) (1997): *Drilling - the Manual of Methods, Applications and Management*. - CRC-Lewis Publishers; Boca Raton, New York
- [9] British Drilling Association (ed.) (2002): *Code of Safe Drilling Practice. Land Drilling*. BDA, UK
- [10] British Drilling Association (ed.) (1992): *Open Learning Program "Drilling Technology"*. BDA, UK
- [11] British Drilling Association (ed.) (1992): *Guidance Notes for the Safe Drilling of Landfills and Contaminated Land*. - Revised as *Site investigation in construction*. Vol. 4, Thomas Telford, London
- [12] CHUGH, C.P. (1992): *High technology in drilling and exploration*. Balkema; Rotterdam
- [13] CUMMING, J.D. & WICLAND, A.P. (1975): *The Diamond Drill Handbook*. J.K., Toronto
- [14] DUNNICLIFF, J. (1988): *Geotechnical Instrumentation für Monitoring Field Performance*. Chapter 9 Piezometers, pp. 117-164. - Wiley Interscience, New York
- [15] HEINZ, W.F. (1992): *Diamond Drilling Handbook*. - Balkema; Rotterdam
- [16] HERRMANN, R.A., SCHREINER, M. (1998): *Bohrungen: Geotechnik, Hydrogeologie. Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten*, Band 4, pp. 111-172, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Springer Verlag, Berlin
- [17] HVORSLEV, M.J. (1949): Subsurface exploration and sampling of soils for engineering purposes. *Amer. Soc. Civil Eng. Comm. Sampling and Testing*, Vicksburg, Miss. Waterways Exp. Stat. 521 p.
- [18] HVORSLEV, M.J. (1951): Time lag and soil permeability in groundwater observations. - *U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station*, Vicksburg, MS, Bulletin No. 36
- [19] NGUYEN, J.-P. & GABOLDE, G. (1999): *Drilling data handbook*. Editions TECHNIP, Paris
- [20] International Association of Drilling Contractors (1974): *Drilling manual*. Houston

- [21] KANY, M., HERRMANN, R.A. (1980): *Quality-classes of soil sampling and rating of the quality of soil samples from the point of view of the Institutes of Foundation Engineering and Soil Mechanics*. Research Institutes and Testing Facilities for Soil Mechanics and Foundation Engineering in the FRG, Report of Subcommittee on Soil Sampling 4 – 6 Oct. 1980, Delft
- [22] MOORE, P.L. (1974): *Drilling practices manual*. Pennwall, Tulsa
- [23] ROCHA, M. & BARROSO, M. (1971): *Some application of the integral sampling method in rock mass*. Proceedings Symposium ISRM on Rock Fracture, Nancy, pp. 1-12

---

---

**AENOR** Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Génova, 6  
28004 MADRID-España

[info@aenor.es](mailto:info@aenor.es)  
[www.aenor.es](http://www.aenor.es)

Tel.: 902 102 201  
Fax: 913 104 032