

NOTA IMPORTANTE:

La entidad sólo puede hacer uso de esta norma para si misma, por lo que este documento NO puede ser reproducido, ni almacenado, ni transmitido, en forma electrónica, fotocopia, grabación o cualquier otra tecnología, fuera de su propio marco.

ININ/ Oficina Nacional de Normalización

GEOTECNIA. METODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO DE LA MASA DEL SUELO IN SITU

Geotechnics. Test method for determination
of mass specific weight of soil in place

Descriptores: Geología; Ensayo; Determinación; Peso; Masa; 3. Edición Septiembre 2000
Suelo: terreno.

ICS: 93.020

REPRODUCCION PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana.
Teléf.: 30-0835 Fax: (537) 33-8048 E-mail: ncnorma@ceniai.inf.cu

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba que representa al país ante las Organizaciones Internacionales y Regionales de Normalización.

La preparación de las Normas Cubanas se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. La aprobación de las Normas Cubanas es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en evidencias de consenso.

- La aprobación de esta norma responde a la necesidad de homologar el método de ensayo descrito por lo que concuerda parcialmente con la norma ASTM 1556-90.
- Esta norma ha sido elaborada por la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA) del Ministerio de la Construcción en consenso con el Comité Técnico de Normalización NC/CTN No 20 de Geotecnia.
- Las principales modificaciones están relacionadas con lo establecido en las normas ASTM D 1556-90 y AASTHO T 214-66, se introducen algunos aspectos de interés que están relacionados con lo establecido en dichas normas.
- Sustituye a la NC 54 - 137: 78
- Consta de los Anexos A y B, normativos, y C, D, E, F, G y H informativos.

© NC, 2000

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por alguna forma o medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias o microfilmes, sin el permiso previo escrito de:

**Oficina Nacional de Normalización (NC).
Calle E No. 261 Ciudad de La Habana, Habana 3. Cuba.**

Impreso en Cuba

Indice

1 Objeto	1
2 Generalidades.....	1
3 Referencias normativas.....	1
4 Aparatos, utensilios y medios de medición.....	2
5 Procedimiento	7
6 Expresión de los resultados	10
7 Reporte	12
ANEXOS	
A Calibración.....	14
B Corrección del peso específico de la masa del suelo seco y el contenido de humedad de la fracción de control fina cuando existan partículas de gran tamaño superiores a 4,75 mm (No. 4) ó 19 mm (3/4").....	19
C Reporte: Método del cono de arena.....	21
D Reporte: Método del volumómetro de membrana	21
E Reporte: Método del aceite.....	23
F Reporte: Método del anillo.....	24
G Reporte: Modelo de certificación	25
H Bibliografía	26

GEOTECNIA. METODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO DE LA MASA DEL SUELO IN SITU

1 Objeto

Esta Norma Cubana establece los principios generales para determinar el peso específico de la masa in situ en los suelos naturales o compactados que se utilizan para la construcción de obras de tierra, tales como carreteras, aeropuertos, presas y otros.

2 Generalidades

- Los métodos que se plantean son usados en el control de la construcción, para la aceptación de los suelos compactados sobre la base del porcentaje de compactación del peso específico de la masa del suelo seco determinado por el método de ensayo Proctor (estándar o modificado).
- Esta norma establece la metodología para determinar el peso específico de la masa del suelo in situ aplicando los siguientes procedimientos:
 - Método del cono de arena
 - Método del volumómetro de membrana de goma
 - Método del aceite
 - Método del anillo
- El método del cono de arena es aplicable a suelos que contienen una cantidad no apreciable de materiales gruesos mayor que 37,5 mm (1½") y menor o igual que 50 mm (2") y a suelos cohesivos que puedan soportar las pequeñas presiones ejercidas al excavar el hoyo, o que cuando se coloque el aparato no se produzca deformación o desprendimiento.
- El método del volumómetro de membrana de goma se recomienda aplicarlo en rellenos o terraplenes compactados, contruidos de suelos de grano fino o suelos granulares sin partículas o gravas de bordes afilados ni apreciable cantidad de materiales gruesos por encima de 37,5 mm (1½"). No se recomienda su aplicación en suelos muy blandos, los cuales pueden deformarse bajo pequeñas presiones.
- El método del aceite se usa en suelos con partículas finas y gruesas, pero es más recomendable en mezclas de suelos y áridos que sean relativamente impermeables. El método no se recomienda en aquellos materiales que tengan fisuras, grietas o grandes vacíos.
- El método del anillo puede ser usado de forma satisfactoria solamente en suelos de grano fino, cohesivos y húmedos, donde el tamaño máximo de las partículas sea de 4,75 mm (N° 4).

3 Referencias normativas

Las siguientes normas contienen disposiciones que, al ser citadas en este texto, constituyen disposiciones de esta Norma Cubana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión se recomienda, a aquellos que realicen acuerdos sobre la base de ellas, que analicen la conveniencia de usar ediciones más recientes de

las normas citadas seguidamente. La Oficina Nacional de Normalización posee la información de las Normas Cubanas en vigencia en todo momento.

NC-19:1999	Geotecnia. Determinación del peso específico de los suelos.
NC- 054-148:1988	Suelos. Ensayo de compactación. Proctor.
NC-20:1999	Geotecnia. Determinación de la granulometría de los suelos.
NC-67:2000	Geotecnia. Determinación del contenido de humedad de los suelos y rocas en el laboratorio.

4 Aparatos, utensilios y medios de medición

4.1 Método del cono de arena

4.1.1 Un recipiente para contener arena con un volumen mayor del que se requiere para llenar el hoyo de ensayo y el embudo durante el ensayo.

4.1.2 Un dispositivo desmontable que consiste en una válvula cilíndrica con un orificio de aproximadamente 13 mm de diámetro, que se une por un extremo con el recipiente de arena y por el otro con un embudo de metal.

4.1.3 Un plato base de metal con un orificio en el centro con pestaña en la cual se acopla el embudo del aparato. El plato base puede ser redondo o cuadrado y debe ser unos 75 mm (3") mayor que el cono de arena.

4.1.4 Arena. La arena debe estar limpia, seca y de partículas semirredondeadas o redondeadas. La arena seleccionada es la que pasa el tamiz 2,0 mm (N° 10) y es retenida en el tamiz 425 μm (N° 40).

4.1.5 Balanza de capacidad 20 kg y valor por división de 1 g .

4.1.6 Balanza de capacidad 2 610 g y valor por división de 1 g .

4.1.7 Balanza de capacidad 311 g y valor por división de 0,01 g .

4.1.8 Estufa con control de la temperatura de hasta 110° C \pm 5° C .

4.1.9 Otros utensilios

- Latas con cierre hermético.
- Nivel de burbuja.
- Pesafiltros.
- Tamiz de 75 mm (3").
- Tamiz de 19 mm (3/4").
- Tamiz de 2,0 mm (N° 10).
- Tamiz de 425 μm (N° 40).
- Bandeja de 30 cm x 50 cm x 4 cm.
- Lona de 80 cm x 80 cm aproximadamente con un orificio en el centro.
- Pico.
- Azadón.

- Cucharón de bodega.
- Pincel y brocha.
- Cuchara de albañil.
- Martillo.
- Tornillos para fijar el plato.
- Destornillador.
- Cíncel y enrasador.
- Paleta.

4.2 Método del volumómetro de membrana de goma

4.2.1 Un vaso calibrado que contiene un líquido dentro de una membrana elástica, flexible y relativamente fina, diseñado para medir el volumen del hoyo de acuerdo a las condiciones que plantea el método.

4.2.2 Un plato base de metal rígido maquinado sobre el cual se apoya el volumómetro. El diámetro del mismo debe ser como mínimo dos veces el diámetro del hoyo de ensayo.

4.2.3 Detalles según aparecen en 4.1.5, 4.1.6, 4.1.7, 4.1.8 y 4.1.9 .

4.3 Método del anillo

4.3.1 Anillos metálicos con un volumen igual o mayor que 850 cm^3 , se recomiendan usar estos de un diámetro interior de 10,0 cm y un diámetro exterior de 10,8 cm con una altura de 12,7 cm (véase figura 3).

4.3.2 Martillo de penetración con el cabezal que acopla en el anillo (véase figura 3).

4.3.3 Detalles según aparecen en 4.1.5, 4.1.6, 4.1.7, 4.1.8 y 4.1.9.

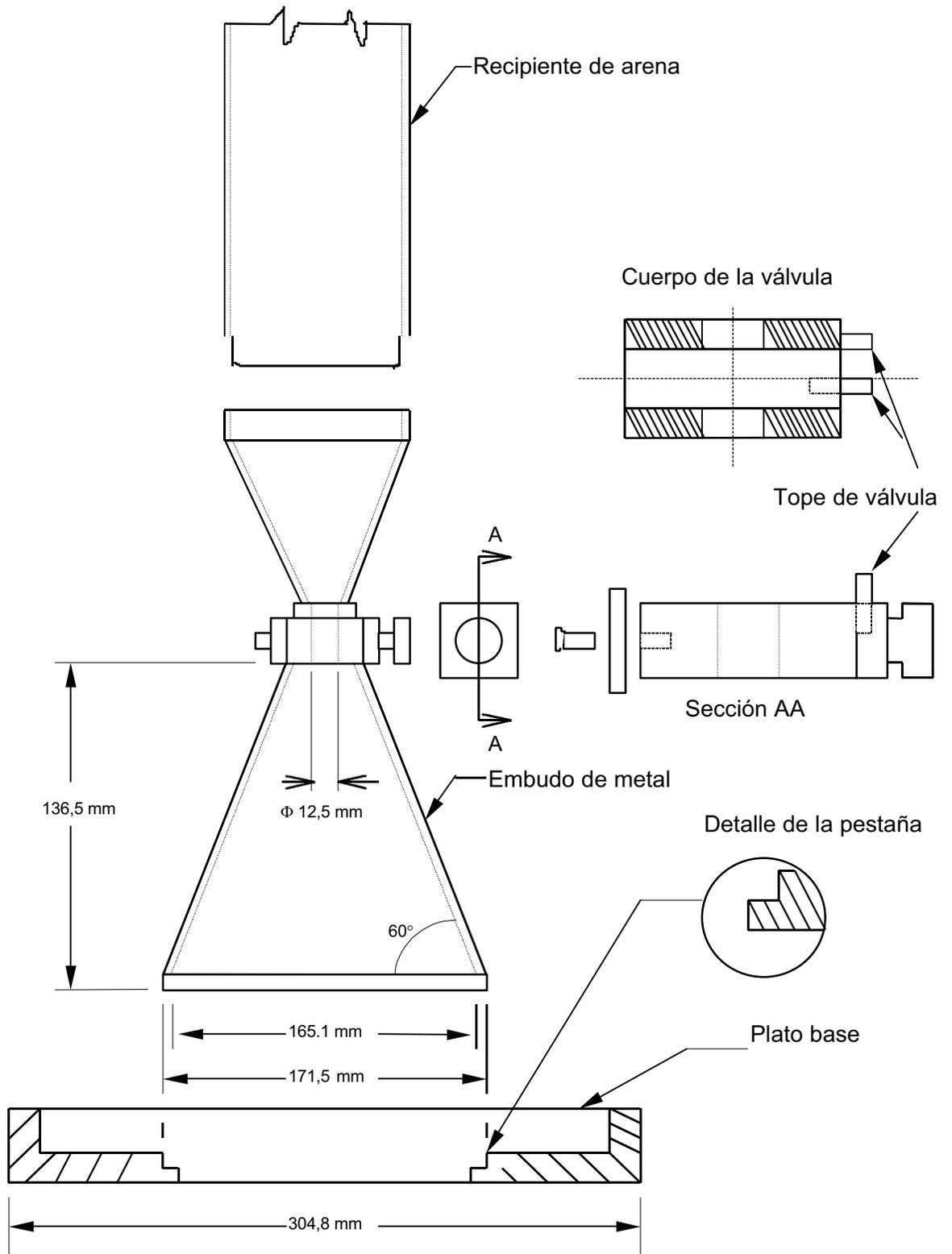


Figura 1 Aparato para el ensayo por el método del cono de arena

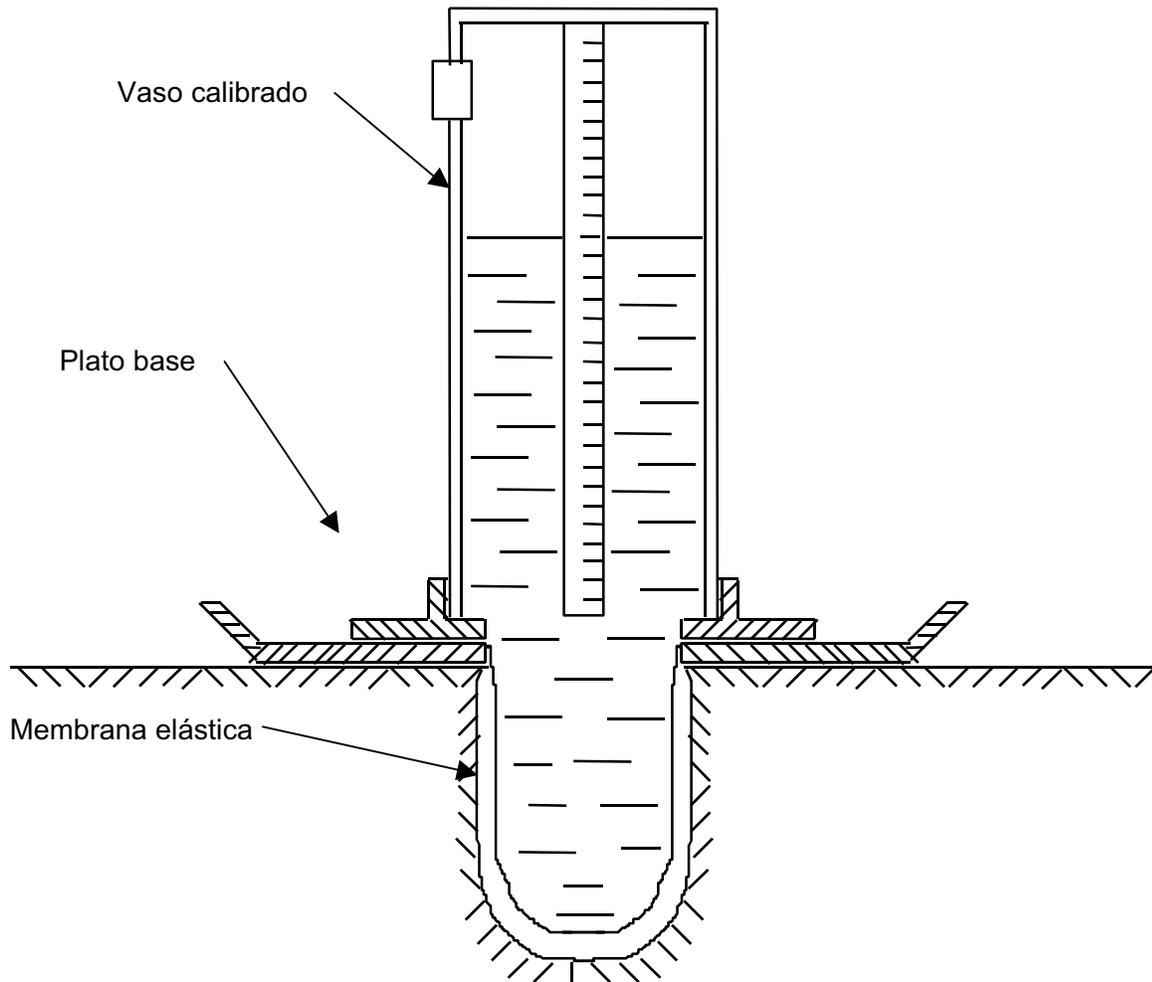
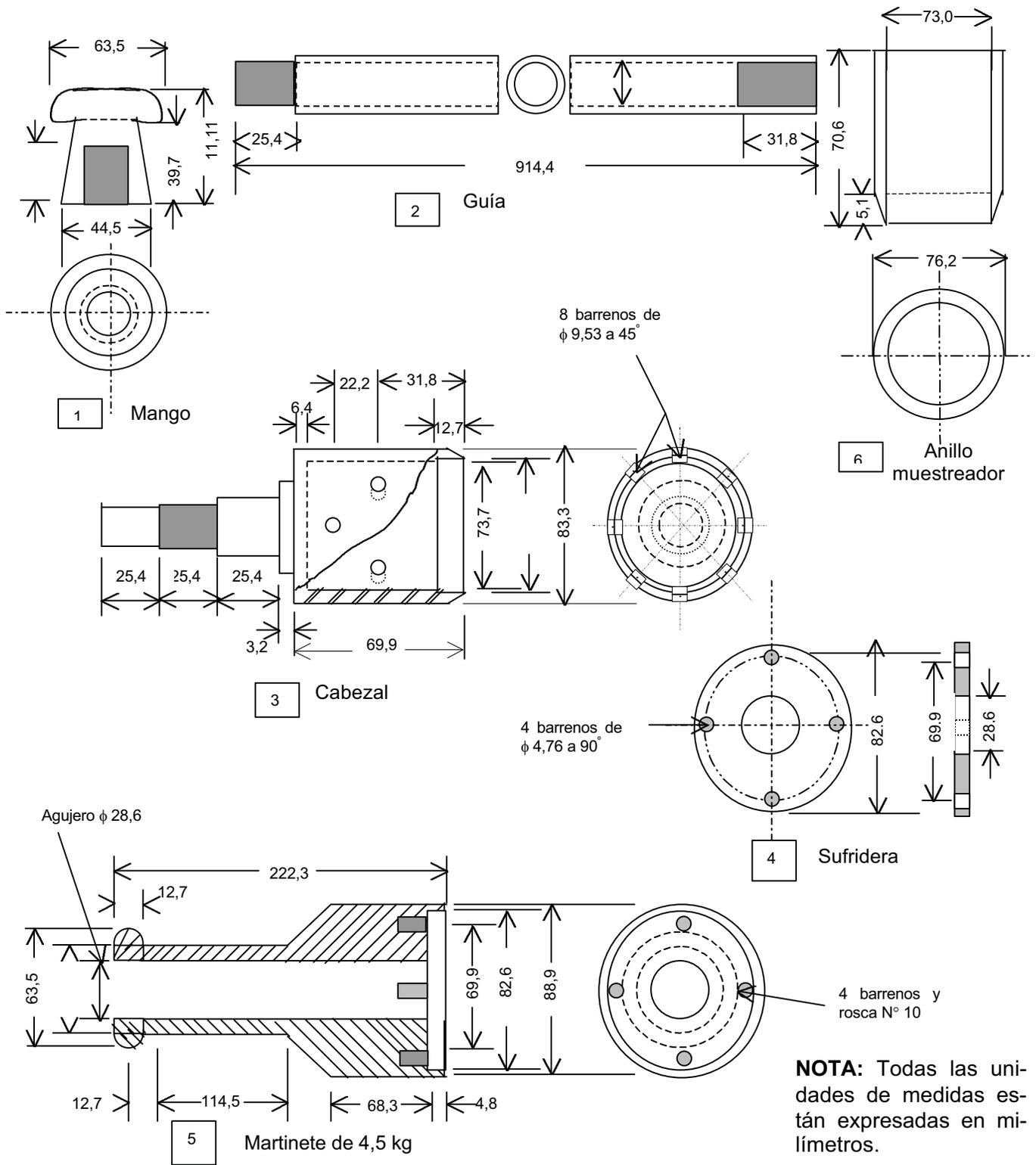


Figura 2 Volumómetro de membrana de goma

4.4 Método del aceite

4.4.1 Aceite. Se recomienda utilizar aceite lubricante cuyo valor de densidad esté en el rango de $0,917 \text{ g/cm}^3$ a $0,942 \text{ g/cm}^3$, aunque puede utilizarse otro siempre que se conozca su densidad.

4.4.2 Detalles según aparecen en 4.1.5, 4.1.6, 4.1.7, 4.1.8 y 4.1.9 .



NOTA: Todas las unidades de medidas están expresadas en milímetros.

Figura 3 — Aparato para el ensayo por el método del anillo

5 Procedimiento

5.1 Método del cono de arena

5.1.1 Se revisa el plato base y la libre rotación de la válvula del aparato. Se llena el aparato con la arena calibrada y se determina la masa inicial del aparato con la arena (W_i).

5.1.2 En el lugar indicado para el ensayo se prepara la superficie del suelo por medio de la paleta, la cuchara de albañil y el propio plato del aparato de manera que quede lo más horizontal posible, verificándose esto con el nivel de burbuja.

5.1.3 Se coloca una lona sobre la superficie preparada con un orificio en el centro y sobre la lona se asienta el plato base de forma tal que coincidan ambos orificios. Se debe asegurar un buen contacto con la superficie plana de los bordes del orificio central. El plato base se debe fijar con clavos para evitar cualquier movimiento durante la realización del ensayo. En el caso de que no sea posible obtener una superficie horizontal y plana hay que determinar el volumen limitado horizontalmente por el embudo, el plato y la superficie del terreno. Para esto se utiliza el aparato para llenar el espacio existente con arena y se determina la masa de arena utilizada y se le adiciona a la masa de la arena en el cono (W_c), determinada según A.1.8.3. Posteriormente, se vuelve a llenar el aparato y se determina la nueva masa inicial del aparato y de la arena (W_i) antes de continuar el ensayo. Una vez concluido este procedimiento se elimina cuidadosamente la arena de la superficie preparada.

5.1.4 A través del orificio central de la base se excava un hoyo cuidadosamente para evitar alteraciones del suelo en sus paredes. Las dimensiones del mismo estarán en función del diámetro máximo de las partículas del suelo, véase la tabla 1. Los lados del hoyo se deben inclinar hacia dentro y el fondo debe quedar razonablemente plano o cóncavo. Las paredes y el fondo de este deben estar libres de bolsones y salientes para evitar errores en la determinación del volumen. El material extraído se coloca en un recipiente con tapa, para evitar pérdidas de humedad, hasta que se determine la masa y el contenido de humedad.

Tabla 1
Volúmenes mínimos recomendados.

Diámetro máximo de las partículas en el suelo		Volumen mínimo requerido	Profundidad mínima requerida
(mm)	(pulgadas)	(cm ³)	(cm)
12,5	1/2	1 420	10
25,0	1	2 120	15
50,0	2	2 830	20

5.1.5 Se limpian las pestañas del plato base, se invierte el aparato del cono de arena y se asienta en el orificio en la misma posición en que se hizo la calibración (véase el Anexo A), se abre la válvula y se espera a que la arena ocupe el volumen del hoyo, el embudo y el plato base. Durante este proceso no se puede permitir vibraciones en el sistema causadas por el personal o los aparatos de construcción. Cuando la arena deje de fluir se cierra la válvula.

5.1.6 Se le determina la masa del aparato con la arena que quedó en el recipiente, se registra este valor como masa final del aparato con la arena (W_f), y se calcula la masa de arena utilizada (W_1) para llenar el hoyo, el embudo y el plato base.

5.1.7 Se determina y se anota la masa húmeda (W_h) del material que se sacó del hoyo. Cuando el material sometido a ensayo contenga partículas de gran tamaño (mayores que el tamiz de control utilizado en el laboratorio para el ensayo Proctor) en un rango de hasta 40 % para el tamiz de 4,75 mm (N° 4) y de hasta 30 % para el tamiz de 19 mm (3/4") hay que hacer la corrección del peso específico de la masa seca de la fracción de control. Cuando se requieran estas correcciones hay que determinar la masa de las partículas de gran tamaño (mayor que el tamiz de control) y registrarlas para calcular que porcentaje de estas corresponde a la masa total (véase Anexo B).

5.1.8 Todo el material extraído del hoyo que se depositó en el recipiente se mezcla bien y se obtiene una muestra representativa para hacer la determinación del contenido de humedad, según la NC 67:2000.

NOTA Se pueden usar métodos rápidos para determinar la humedad con valores aproximados que se verificarán o serán corregidos posteriormente de acuerdo con el valor obtenido, según la NC 67:2000.

5.2 Método del volumómetro de membrana de goma

5.2.1 Se sigue el mismo procedimiento según 5.1.1, se prepara la superficie del terreno de manera que quede lo más horizontal posible. Sobre esta superficie se coloca el plato base con el volumómetro de membrana de goma. Aplicando la misma presión y sobrecargas, que se definieron en el proceso de calibración (véase A.2), se determina la lectura inicial en el indicador de volumen, y se anota en el reporte como V_1 .

5.2.2 Se retira el volumómetro de membrana y se excava el hoyo dentro del plato base cuidadosamente para evitar que el suelo del borde superior se altere. El volumen del hoyo está en función del tamaño de las partículas, el aparato se debe cambiar a una nueva posición si aparecen partículas grandes aisladas. El suelo extraído del hoyo se colocará en un recipiente hermético hasta que se le determine la masa y el contenido de humedad.

5.2.3 Después de terminar la excavación del hoyo, se coloca el aparato sobre el plato base en la misma posición en que se puso para la obtención de la lectura inicial. Se aplica la misma presión y sobrecarga, como las usadas en el chequeo de calibración, (véase A.2.4), y se anota la lectura final del indicador de volumen (V_2). La diferencia entre la lectura inicial y final es el volumen del hoyo, V (cm^3).

5.2.4 Se determina la masa húmeda de todo el suelo extraído del hoyo (W_h). Se mezcla totalmente todo el suelo y se selecciona una muestra para determinar el contenido de humedad, de según la NC 67:2000.

5.3 Método del aceite

5.3.1 Este método se aplica para determinar el peso específico del suelo después que se determina la masa excavada de un hoyo y se mide el volumen del mismo, usando aceite de densidad conocida.

5.3.2 En un área de 40 cm x 40 cm se retira todo el material suelto y por medio de la paleta y la cuchara de albañil se alisa la superficie la cual debe quedar horizontal para que el plato base se apoye firmemente en toda el área.

5.3.3 A través del orificio del plato base se excava un hoyo hasta la profundidad que será ensayada, cuyo diámetro debe ser ligeramente menor que el orificio del plato base (véase la tabla 1).

5.3.4 El material extraído se coloca en un recipiente con tapa para evitar pérdidas de humedad y luego se determina y registra la masa húmeda (W_h) y contenido de humedad (ω) según la NC 67:2000.

5.3.5 Se vierten 1 000 mL de aceite en un cilindro graduado, se le determina la masa al cilindro más el aceite y se anota este valor como masa inicial del cilindro más el aceite (W_i).

5.3.6 Se vierte el aceite en el hoyo mediante el embudo apoyado sobre el trípode, semejante a como se hizo la calibración (véase el Anexo A.3), hasta que quede totalmente lleno y enrasado. Se determina la masa al cilindro con el aceite que quedó y se anota el valor como masa final del cilindro más aceite (W_f).

5.4 Método del anillo

5.4.1 En el lugar señalado para realizar el ensayo se retira la capa superficial del suelo en un área de 30 cm de diámetro y 5 cm de profundidad, aproximadamente. Con la paleta y la cuchara de albañil se alisa la superficie del fondo de la excavación, tratando de que quede lo más horizontal posible.

5.4.2 Se coloca el anillo en la superficie del fondo de la excavación, con el bisel hacia abajo, en posición vertical y se acopla el martillo de penetración.

5.4.3 Una vez acoplado el martillo de penetración se deja caer la masa tantas veces como sea necesario hasta que la parte superior del anillo quede enterrada unos 13 mm de la superficie original del terreno. En todo este proceso la varilla debe permanecer en posición vertical y el cabezal en contacto con el anillo todo el tiempo.

NOTA 3 El hincar en exceso puede representar una deformación o compresión de la muestra y puede dar resultados erróneos, si esto ocurre, la muestra se desecha y se hace un nuevo muestreo.

5.4.4 Por medio del pico y la paleta se quita el suelo que está alrededor del anillo hasta aproximadamente 7 cm por debajo del mismo. Se corta por debajo y se extrae el anillo, se elimina el suelo que queda adherido y con el cuchillo se enrasa por ambas caras. La muestra se considera satisfactoria si no contiene fragmentos de roca, o raíces.

NOTA 4 La muestra se desecha y se hace un nuevo muestreo si el anillo no se llena o no es representativa del suelo in situ y si el anillo sufre cualquier daño en el proceso de hinca.

5.4.5 Se le determina la masa al suelo más el anillo hasta el gramo y se anota el valor donde dice “masa húmeda del suelo más el anillo (WhT)”. Si esto no se hace de forma inmediata, se coloca el anillo con la muestra en un recipiente hermético para evitar pérdidas de masa y contenido de humedad.

5.4.6 Se extrae el suelo del anillo y se obtiene una muestra representativa que se coloca en dos pesafiltros para determinar el contenido de humedad según la NC 67:2000. Los especímenes para determinar el contenido de humedad no deben ser menores de 100 g. Se pueden usar métodos rápidos para determinar la humedad cuando se especifique o cuando su precisión se considere suficiente para los propósitos del ensayo.

6 Expresión de los resultados

6.1 Determinación del volumen

6.1.1 Método del cono de arena

$$V = \frac{W_1 - W_C}{\rho_1}$$

donde:

V es el volumen del hoyo de ensayo, en centímetros cúbicos;

W_1 es la masa de la arena utilizada para llenar el hoyo, el embudo y el plato base, en gramos (véase 5.1.6);

W_C es la masa de la arena utilizada para llenar el embudo y el plato base, en gramos (véase A.1.8).

ρ_1 es la densidad de la masa de arena, en gramos por centímetro cúbico (véase A.1.10).

6.1.2 Método del volumómetro de membrana de goma:

$$V = (V_2 - V_1)$$

donde:

V_1 es la lectura inicial en el indicador de volumen, en centímetros cúbicos (véase 5.2.1);

V_2 es la lectura final en el indicador de volumen, en centímetros cúbicos (véase 5.2.3).

6.1.3 Método del aceite

$$V = \frac{(W_i - W_f)}{\rho}$$

donde:

V es el volumen del hoyo de ensayo, en centímetros cúbicos;

W_i es la masa del cilindro más el aceite antes de verterlo en el hoyo, en gramos (véase 5.3.5);

W_f es la masa del cilindro más el aceite después de vertido en el hoyo, en gramos (véase 5.3.6);

ρ es la densidad de la masa de aceite, en gramos por centímetro cúbico (véase A.3.3);

6.1.4 Método del anillo

V es el volumen del anillo, en centímetros cúbicos (véase A.4.3).

6.2 Masa seca del material. extraído del hoyo o del anillo

$$W_s = \frac{W_h}{(100 + \omega)} \times 100$$

donde:

ω es el contenido de humedad del material extraído del hoyo o del anillo según NC 67, en porcentaje;

W_h es la masa húmeda del material del hoyo o del anillo, en gramos;

W_s es la masa seca del material del hoyo del ensayo o del anillo, en gramos.

6.3 Peso específico de la masa del suelo húmedo y seco in situ

$$\gamma_f = \frac{W_h}{V} \times 9,807 \quad \text{kN/m}^3$$

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \times 9,807 \quad \text{kN/m}^3$$

donde:

V es el volumen del hoyo o del anillo, en centímetros cúbicos;

γ_f es el peso específico de la masa del suelo húmeda del material ensayado, en kilonewton por metro cúbico;

γ_d es el peso específico de la masa del suelo seco del material ensayado, en kilonewton por metro cúbico.

7 Reporte

7.1 Reporte de los modelos de ensayos

El reporte tendrá que incluir la siguiente información (véase los Anexos C, D, E, F y G):

- Lugar de la prueba, elevación, espesor de la capa ensayada u otros datos pertinentes para localizar o identificar el ensayo.
- El volumen del hoyo, en centímetros cúbicos.
- El peso específico de la masa húmeda (γ_f) in situ, en kilonewton por metro cúbico.
- El peso específico seco de la masa in situ, (γ_d), en kilonewton por metro cúbico.
- El contenido de humedad in situ del suelo expresado como un porcentaje de la masa seca y el método de ensayo utilizado.
- El tipo de aparato:
 - Cono de arena, volumen calibrado del embudo (cm^3) o masa de la arena en el embudo y plato base (W_c) y densidad de la masa de arena utilizada (g/cm^3).
 - Volumómetro, presión de operación y sobrecargas usadas.
 - Anillo, tara de los anillos (T) y volumen calibrado.
 - Aceite, densidad del aceite calibrado.
- Descripción visual del suelo o clasificación del material.
- Masa y el porcentaje de las partículas de gran tamaño y el tamiz de control utilizado.
- Comentario acerca del ensayo.
- Si se expresa el peso específico de la masa del suelo seco in situ como un tanto por ciento de otro valor, se incluye lo siguiente:
 - El tipo de ensayo Proctor utilizado en el laboratorio.
 - El peso específico de la masa del suelo seco máximo de control y el contenido de agua utilizado.

- El peso específico de la masa del suelo seco corregido.
- El porcentaje de compactación con respecto al peso específico de la masa del suelo seco de control.

7.2 Reporte de certificación del control de la calidad

El reporte tendrá que incluir la siguiente información (véase Anexo H):

- Datos del paño: Lugar de la prueba, elevación, espesor de la capa ensayada, dimensiones del paño, volumen del suelo esponjado y tipo de suelo.
- Especificaciones de proyecto: peso específico de la masa del suelo seco máximo, contenido de humedad óptimo, porcentaje de compactación y cantidad de ensayos a realizar.
- Datos del control: peso específico de la masa del suelo, contenido de humedad, porcentaje de compactación, total de ensayos realizados, cantidad de ensayos que no cumplen y sus valores.
- Especificaciones del paño controlado.
- Observaciones y recomendaciones.

Anexo A (normativo)

Calibración

A.1 Tipo de arena y su calibración

A.1.1 Arena: La arena debe estar limpia, seca uniforme en densidad, no cementada, dura y de partículas semirredondeadas o redondeadas. Se puede utilizar cualquier arena con una granulometría que tenga un coeficiente de uniformidad ($C_u = D_{60} / D_{10}$) menor que 2 y un tamaño máximo de partículas menor que 2,0 mm (N° 10) y las partículas que pasen el tamiz de abertura 250 μm (N° 60) deben ser menores del 3% en peso.

A.1.2 La arena seleccionada se pasa por los tamices 2,0 mm (N° 10) y 425 μm (N° 40). A la arena que quede retenida en el tamiz 425 μm (N° 40) se le hacen cinco determinaciones separadas de la densidad de la masa de acuerdo al procedimiento que se explicará más adelante. La arena es aceptable si la variación de la densidad de la masa entre cualquiera de las determinaciones realizadas no es mayor que el 1% del promedio. Antes de hacer las determinaciones de la densidad, la arena debe estar seca y aireada en el lugar donde va a utilizarse.

NOTA A.1 La arena no se debe volver a utilizar sin eliminar las partículas de suelo contaminantes. Después de hecho esto, se debe verificar la granulometría, el secado y su densidad.

A.1.3 Los ensayos para la determinación de la densidad de la masa de arena se realizarán a intervalos de tiempo que no excedan los 14 días, cuando haya cambios significativos en la humedad ambiental, y antes de que se vaya a utilizar un nuevo lote previamente suministrado.

A.1.4 La arena se debe almacenar en áreas secas protegidas de las condiciones climáticas, el uso de un bombillo dentro del recipiente de almacenamiento es muy beneficioso en áreas de humedad alta.

A.1.5 La calibración del aparato que se usará consiste en la determinación de la masa de arena contenida en el embudo y el plato base del aparato de cono de prueba (W_c).

A.1.6 La calibración se tiene que realizar para cada aparato cada vez que se produzcan cambios en la densidad de la masa de arena, ya que la masa contenida en el embudo y el plato base depende de la densidad de la masa de arena.

A.1.7 La calibración se puede llevar a cabo mediante dos métodos.

Método A: Determinar la masa de la arena calibrada que contiene cada embudo y el plato base.

Método B: Determinar el volumen de la arena que se necesita para llenar el embudo y el plato base y aplicar el mismo de forma constante cada vez que se calculen nuevas densidades de la masa.

NOTA A.2 Si se usa el método A, se tiene que repetir cada vez que la densidad de la masa cambie. Las determinaciones de la masa se tienen que realizar hasta el gramo.

A.1.8 Método A

A.1.8.1 Se llena el aparato con la arena calibrada y se determina la masa inicial (W_i), en gramos.

A.1.8.2 Se coloca el plato base sobre una superficie lisa y horizontal. Se invierte el aparato y se asienta el embudo en el orificio central y se marca el aparato y el plato de forma tal que se puedan colocar en la misma posición cuando se realice el ensayo.

A.1.8.3 Se abre la válvula totalmente hasta que se detenga el flujo de arena, asegurándose que el aparato, el plato base y la superficie plana no sufran vibraciones antes de cerrar la válvula. Se cierra la válvula rigurosamente, se determina la masa final del aparato y la arena (W_f) y se calcula la masa de arena que se utiliza para llenar el embudo y el plato base (W_c) como la diferencia entre la masa inicial (W_i) y la masa final (W_f).

A.1.8.4 El procedimiento se repite tres veces como mínimo, la variación máxima entre cualquier determinación y el promedio no debe exceder de un 1%. Para el cálculo se utiliza el promedio de las tres determinaciones.

A.1.9 Método B

A.1.9.1 Este método consiste en determinar el volumen del embudo y el plato base (V_c). Si el aparato no sufre deterioros o falta de ajuste con el plato base, el volumen permanece constante y se eliminará la necesidad de repetir el Método A cada vez que cambie la densidad de la arena. Si se elige este procedimiento se determina el volumen total que ocupa la arena en el hoyo, el embudo y el plato base y luego se resta el volumen del embudo y el plato base y se calcula el volumen del hoyo.

A.1.9.2 Se determina la masa requerida para llenar el aparato y se sigue el mismo procedimiento enunciado en el método A.

A.1.9.3 Se calcula el volumen del embudo y el plato base dividiendo la densidad de la masa de arena según A.1.10.8 entre la masa de arena (W_c) según A.1.8.3. Esto se repite como mínimo 3 veces y la variación máxima entre cualquier determinación y el promedio no debe exceder de 1%. Para el cálculo se utiliza el valor promedio.

A.1.10 Calibración de la arena para determinar la densidad

A.1.10.1 Para calibrar la arena se selecciona un recipiente de volumen conocido que sea aproximadamente del mismo tamaño que el hoyo excavado del ensayo para que permita que la caída de la arena se asemeje lo más posible a las condiciones del ensayo en el campo. Se recomienda usar los moldes de 944 cm³ y de 2 124 cm³ especificados según la NC 54-148.

A.1.10.2 El volumen del recipiente (o molde) se determina llenándolo completamente con agua. Para asegurarse de que el molde esté completamente lleno, se desliza un cristal sobre el borde superior al cual se le coloca una película fina de grasa. Esto hace una unión impermeable entre el cristal y el borde. Luego se determina la masa de agua para llenar el molde y se registra la temperatura. La temperatura se aproxima al grado celsius y la masa de agua al gramo. De la tabla A.1, se obtiene el volumen unitario del agua en mililitros por gramo sobre la base de la temperatura ob-

servada. El volumen en centímetros cúbicos se calcula multiplicando la masa de agua, en gramo, utilizada para llenar el molde por el volumen unitario del agua. El procedimiento se repite tres veces para cada recipiente, debiendo tener una variación de 1% del volumen del molde en las tres determinaciones. El promedio de estas tres determinaciones se anota como el volumen del recipiente.

Tabla A.1
Volumen de agua por gramo basado en la temperatura

Temperatura (°C)	Volumen unitario del agua (mL/g)
12	1,000 48
14	1,000 73
16	1,001 03
18	1,001 38
20	1,001 77
22	1,002 21
24	1,002 68
26	1,003 20
28	1,003 75
30	1,004 35
32	1,004 97

A.1.10.3 Se debe utilizar un aparato de cono de arena del mismo tamaño y diseño que el que se va a usar durante el ensayo de campo, ya que las características del flujo de arena a través de otros aparatos provocarían valores diferentes de la densidad de la masa.

A.1.10.4 Se llena el aparato ensamblado con arena que esté seca y que presente las mismas condiciones del ensayo en el campo.

A.1.10.5 Se determina y anota la tara del recipiente de calibración (T).

A.1.10.6 Sobre el recipiente de calibración se coloca el aparato lleno de arena y el plato base y se abre completamente la válvula hasta que se llene totalmente el recipiente. Cuando el flujo de arena se detenga, se cierra la válvula.

A.1.10.7 Se determina la masa del aparato y la arena restante y se calcula la masa neta de la arena del recipiente de calibración (W), substrayendo la masa de la arena contenida en el cono y el plato base (según A.1.8).

A.1.10.8 La densidad de la masa de la arena se calcula de la forma siguiente:

$$\rho_1 = \frac{W}{V_1}$$

donde:

ρ_1 es la densidad de la masa de la arena, en gramos por centímetro cúbico;

W es la masa de la arena para llenar el recipiente de calibración, en gramos, (véase A.1.10.7);

V_1 es el volumen del recipiente, en centímetros cúbicos, véase A.1.10.2;

A.2 Calibración del volumómetro de membrana de goma

A.2.1 El volumómetro de membrana de goma se calibra para verificar el procedimiento que se utilizará, así como la precisión del indicador de volumen empleado para medir el recipiente de volumen conocido que simule dimensionalmente el hoyo del ensayo en el campo. Se recomienda usar moldes de 944 cm³ como los especificados en la NC-54-148 .

A.2.2 El volumen del recipiente usado para el chequeo se determina según A.1.10.2 .

A.2.3 Se colocan el aparato y el plato base sobre una superficie horizontal y lisa. Se le aplica presión y se anota la lectura inicial del indicador de volumen.

2.4 Se coloca el aparato a uno de los moldes previamente calibrado con la superficie nivelada en sentido horizontal. Se le aplica la presión de operación necesaria hasta que no haya cambios en el indicador de volumen. La presión de operación puede llegar hasta 35 kPa y a veces es necesario aplicar sobrecargas al aparato para mantenerlo pegado al molde. Se anota la lectura del indicador de volumen, la presión y las sobrecargas usadas. El volumen medido es la diferencia entre la lectura final e inicial. Cuando la diferencia entre el volumen medido y el calibrado del recipiente es de 1% o menos para todos los volúmenes medidos, es señal de que la calibración del aparato ha sido ejecutada satisfactoriamente.

A.2.5 Las pruebas de calibración o chequeo se deben hacer anualmente o cada vez que el aparato se dañe, se repare o se le realice el cambio de membrana.

NOTA A.3 Antes de hacer cualquier operación es necesario inflar la membrana de goma y por medio del amasado, remover las burbujas de aire adheridas dentro de la membrana. Si el molde de calibración es hermético se debe colocar una cuerda (o alambre) de diámetro pequeño desde el fondo hasta el borde del recipiente para que permita el escape del aire atrapado entre la membrana y el recipiente durante el proceso de calibración. Se recomienda que la presión de operación sea lo más baja posible siempre que se obtenga el 1% de precisión del volumen.

A.3 Calibración del aceite

A.3.1 La calibración del aceite se realiza para determinar su densidad (g/cm³), en función de la proporción del vertido y la temperatura.

A.3.2 El recipiente que se use para la calibración debe tener un volumen de 2 808 cm³ como mínimo. El volumen del recipiente que se use para el cálculo se determina según lo planteado en A.1.10.2.

A.3.3 Se vierte el aceite en el recipiente mediante un embudo con una válvula, que descansa sobre un trípode, el cual se coloca y se fija en la superficie mediante clavos. Una vez llenado el recipiente se le determina la masa de aceite, y la densidad del mismo (g/cm^3) se determina dividiendo dicha masa por el volumen conocido. La masa del aceite debe ser el promedio de tres determinaciones como mínimo.

A.3.4 La proporción de vertido y la temperatura del aceite usado en la calibración deben ser las mismas cuando se realice el ensayo en el campo. La proporción de vertido afecta las burbujas de aire en el aceite y la temperatura la densidad y la viscosidad.

A.4 Tipo de anillo y su calibración

A.4.1 Los anillos que se utilicen deben cumplir una razón de área (A_r) que esté en un rango de 10 % a 15 %, definida como sigue:

$$A_r = \left[\frac{(D_e^2 - D_i^2)}{D_i^2} \right] \times 100$$

donde:

A_r es la razón de área, en tanto por ciento;

D_e es el diámetro externo máximo del anillo, en centímetros;

D_i es el diámetro interno mínimo en el borde cortante, en centímetros.

A.4.2 El volumen de los anillos deben ser igual o mayor que 850 cm^3 . Se recomienda usar anillos de diámetro interior y exterior de 10,0 cm y 10,8 cm respectivamente, y una altura de 12,7 cm.

A.4.3 Antes de que se comience el ensayo y de forma periódica se deben chequear la pérdida de filo o daños que presenten, la masa y el volumen de cada anillo. La masa se determina hasta el gramo. El volumen se determina midiendo la altura y el diámetro del borde cortante en cuatro puntos igualmente espaciados hasta 0,25 mm, luego se promedian respectivamente dichas dimensiones para hacer posteriormente el cálculo del volumen hasta $0,2 \text{ mm}^3$ y se anota dicho valor.

A.4.4 Cada anillo se debe identificar permanentemente con un número o símbolo y preparar un registro donde aparezca la masa, el volumen y la fecha de calibración.

Anexo B
(normativo)

Corrección del peso específico de la masa del suelo seco y el contenido de humedad de la fracción de control fina cuando existan partículas de gran tamaño superiores a 4,75 mm (N° 4) ó 19 mm (3/4").

B.1 Esta corrección se aplicará cuando las partículas de suelo que se retienen en el tamiz de 4,75 mm (N° 4) estén en el rango de hasta 40 % y las retenidas en el tamiz de 19 mm (3/4") en el rango de hasta 30 % .

B.2 Modo de operar en el campo cuando en el suelo existen partículas superiores al tamiz de 4,75 mm (N° 4) o de 19 mm (3/4").

B.2.1 El peso específico de la masa del suelo seco in situ se determina como se ha indicado en los diferentes métodos.

B.2.2 El contenido de humedad se tomará de la fracción de control del material.

B.2.3 El suelo extraído se secará y se separarán por tamizado las partículas mayores del tamiz señalado, las cuales se lavarán, se secarán y se determinará el peso específico aparente (γ_s) según la NC 19:1999.

NOTA B.1 - Cuando el operador del ensayo posea suficiente experiencia podrá asumir directamente el valor del peso específico sin necesidad de efectuar el ensayo.

B.2.4 Al peso de la muestra extraída del hoyo se le restará el peso de las partículas de mayor tamaño a 4,75 mm ó 19 mm y al volumen del hoyo se le restará el volumen de estas partículas.

NOTA B.2 - El volumen de las partículas gruesas se obtiene dividiendo el peso de la misma entre el peso específico aparente obtenido según B.2.3 .

B.3 Método analítico a emplear

B.3.1 Se determina el peso específico de la masa del suelo seco in situ (γ_d) y el contenido de humedad (ω) de todo el material según lo indicado en los diferentes métodos.

B.3.2 Se separan las partículas mayores que el tamiz señalado y se les determina el porcentaje (P) de la muestra obtenida del hoyo según la NC 20:1999.

B.3.3 Se determina el contenido de humedad de las partículas gruesas (ω_g) y el peso específico aparente (γ_s).

NOTA B.3 La fracción de control es la porción de una muestra que está compuesta por partículas más pequeñas que el tamiz de control. Esta fracción se usa para comparar el peso específico de la masa del suelo seco in situ con el peso específico de la masa del suelo seco máximo obtenido en el laboratorio. El tamiz de control depende del tamiz usado en el ensayo del labora-

torio. Las partículas de gran tamaño son la fracción de una muestra de suelo que esta compuesta por partículas mayores que el tamiz de control.

B.3.4 El contenido de humedad (ω_f) y el peso específico de la masa del suelo seco (γ_{df}) de la fracción fina se podrán obtener según:

$$\omega_f = \frac{(100 \omega - \omega_g P)}{(100 - P)}$$

$$\gamma_{df} = \frac{(100 - P)}{\left(\frac{100}{\gamma_d} - \frac{P}{\gamma_s} \right)}$$

donde:

ω_f es el contenido de humedad de fracción fina de suelo, en tanto por ciento;

ω_g es el contenido de humedad de la fracción gruesa, en tanto por ciento;

ω es el contenido de humedad de la fracción gruesa y fina, en tanto por ciento;

P es el porcentaje de la fracción gruesa, en tanto por ciento;

γ_{df} es el peso específico de la masa del suelo seco de la fracción fina, en kilonewton por metro cúbico;

γ_s es el peso específico aparente promedio de la fracción gruesa, en kilonewton por metro cúbico.

γ_d es el peso específico de la masa del suelo seco, obtenida según los métodos explicados en los párrafos anteriores.

γ_w es el peso específico del agua.

Anexo C
(informativo)

Reporte: Método del cono de arena

ORGANISMO:	DEPENDENCIA:	PESO ESPECIFICO DE LA MASA DEL SUELO IN SITU				
OBRA:		APARATO:				
OBJETO:		REALIZADO POR:				
SITUACION:		TAMIZ DE CONTROL:				
Número de ensayo:		1	2	3	4	5
Estación:						
Distancia al eje:						
Elevación:						
Espesor de la capa:						
Fecha:						
Densidad de la masa de arena, ρ_1 (g/cm ³).						
Masa húmeda, W_h (g).						
Masa inicial del aparato con la arena, W_i (g).						
Masa final del aparato con la arena, W_f (g).						
Masa de arena utilizada para llenar el hoyo, el embudo y el plato base, $W_1 = W_i - W_f$ (g).						
Masa de la arena en el embudo y el plato base, W_c (g).						
Masa de la arena en el hoyo, $W_1 - W_c$ (g).						
Volumen del hoyo, $V = (W_1 - W_c) / \rho_1$ (cm ³)						
Peso específico de la masa del suelo húmedo. $\gamma_f = (W_h/V) \times 9,807$ kN/m ³						
Contenido de humedad del suelo, ω (%).						
Masa seca, $W_s = \frac{W_h}{100 + \omega} \times 100$ (g)						
Peso específico de la masa del suelo seco. $\gamma_d = (W_s/V) \times 9,807$ kN/m ³						
Peso específico de la masa del suelo seco máximo, γ_{max} <input type="checkbox"/> Estandar <input type="checkbox"/> Modificado (kN/m ³)						
Contenido de humedad óptima, ω_{opt} (%).						
Porcentaje de la fracción gruesa, P (%).						
Contenido de humedad de la fracción fina del suelo, ω_f (%).						
Peso específico de la masa del suelo seco (corregido), γ_{df} (kN/m ³)						
Porcentaje de compactación						
Descripción del suelo:						

**Anexo D
(informativo)**

Reporte: Método del volumómetro de membrana.

ORGANISMO:	DEPENDENCIA:	PESO ESPECIFICO DE LA MASA DEL SUELO IN SITU				
OBRA:		APARATO:				
OBJETO:		REALIZADO POR:				
SITUACION:		TAMIZ DE CONTROL:				
Número de ensayo:		1	2	3	4	5
Estación:						
Distancia al eje:						
Elevación:						
Espesor de la capa:						
Fecha:						
Masa húmeda, W_h (g).						
Lectura inicial en el indicador de volumen, V_1 (cm ³).						
Lectura final en el indicador de volumen, V_2 (cm ³).						
Volumen del hoyo, $V = V_2 - V_1$ (cm ³).						
Peso específico de la masa del suelo húmedo. $\gamma_f = (W_h/V) \times 9,807$ kN/m ³						
Contenido de humedad del suelo, ω (%).						
Masa seca, $W_s = \frac{W_h}{100 + \omega} \times 100$ (g)						
Peso específico de la masa del suelo seco. $\gamma_d = (W_s/V) \times 9,807$ kN/m ³						
Peso específico de la masa del suelo seco máximo, γ_{max} <input type="checkbox"/> Estandar <input type="checkbox"/> Modificado (kN/m ³)						
Contenido de humedad óptima, ω_{opt} (%).						
Porcentaje de la fracción gruesa, P (%).						
Contenido de humedad de la fracción fina del suelo, ω_f (%).						
Peso específico de la masa del suelo seco (corregido), γ_{df} (kN/m ³)						
Porcentaje de compactación						
Descripción del suelo:						

Anexo E
(informativo)

Reporte: Método del aceite.

ORGANISMO:	DEPENDENCIA:	PESO ESPECIFICO DE LA MASA DEL SUELO IN SITU				
OBRA:		APARATO:				
OBJETO:		REALIZADO POR:				
SITUACION:		TAMIZ DE CONTROL:				
Número de ensayo:		1	2	3	4	5
Estación:						
Distancia al eje:						
Elevación:						
Espesor de la capa:						
Fecha:						
Densidad de la masa de aceite, ρ (g/cm ³).						
Masa húmeda, W_h (g).						
Masa inicial del cilindro más el aceite, W_i (g).						
Masa final del cilindro más el aceite, W_f (g).						
Masa del aceite en el hoyo, $W_i - W_f$ (g).						
Volumen del hoyo, $V = (W_i - W_f) / \rho$ (cm ³)						
Peso específico de la masa del suelo húmedo. $\gamma_f = (W_h/V) \times 9,807$ kN/m ³						
Contenido de humedad del suelo, ω (%).						
Masa seca, $W_s = \frac{W_h}{100 + \omega} \times 100$ (g)						
Peso específico de la masa del suelo seco. $\gamma_d = (W_s/V) \times 9,807$ kN/m ³						
Peso específico de la masa del suelo seco máximo, γ_{max} <input type="checkbox"/> Estandar <input type="checkbox"/> Modificado (kN/m ³)						
Contenido de humedad óptima, ω_{opt} (%).						
Porcentaje de la fracción gruesa, P (%).						
Contenido de humedad de la fracción fina del suelo, ω_f (%).						
Peso específico de la masa del suelo seco (corregido), γ_{df} (kN/m ³)						
Porcentaje de compactación						
Descripción del suelo:						

ANEXO F
(informativo)

Reporte: Método del anillo.

ORGANISMO:	DEPENDENCIA:	PESO ESPECIFICO DE LA MASA DEL SUELO IN SITU				
OBRA:		APARATO:				
OBJETO:		REALIZADO POR:				
SITUACION:		TAMIZ DE CONTROL:				
Número de ensayo:		1	2	3	4	5
Estación:						
Distancia al eje:						
Elevación:						
Espesor de la capa:						
Fecha:						
Volumen del anillo, V (cm ³)						
Masa húmeda del suelo más el anillo, WhT (g).						
Tara del anillo, T (g).						
Peso específico de la masa del suelo húmedo. $\gamma_f = (WhT - T/V) \times 9,807$ kN/m ³						
Contenido de humedad del suelo, ω (%).						
Masa seca del suelo en el anillo, $Ws = \frac{WhT - T}{100 + \omega} \times 100$ (g)						
Peso específico de la masa del suelo seco. $\gamma_d = (Ws/V) \times 9,807$ kN/m ³						
Peso específico de la masa del suelo seco máximo, <input type="checkbox"/> Estandar <input type="checkbox"/> Modificado γ_{max} (kN/m ³)						
Contenido de humedad óptima, ω_{opt} (%).						
Porcentaje de la fracción gruesa, P (%).						
Contenido de humedad de la fracción fina del suelo, ω_f (%).						
Peso específico de la masa del suelo seco (corregido), γ_{df} (kN/m ³)						
Porcentaje de compactación						
Descripción del suelo:						

Anexo G
(informativo)

Reporte: Modelo de certificación

ORGANISMO:	DEPENDENCIA:	CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD				
Obra: _____		Situación: _____				
Objeto: _____		Fecha: _____				
Datos del paño						
Estación: _____		Elevación : _____				
Distancia al eje: _____						
Dimensiones del paño: _____						
Espesor de la capa : _____ cm						
Volumen de suelo: _____ m ³		Clasificación del suelo: _____				
Cantera: _____						
Especificaciones del proyecto						
Cantidad de ensayos de ensayos a realizar: _____						
Espesor _____ cm.						
γ_d max: _____ kN/m ³		ω_{opt} : _____ %				
Compactación: _____ %						
Datos del control						
γ_d prom: _____ kN/m ³		ω_{prom} : _____				
Compactación: _____ %						
Total de ensayos realizados: _____		Cantidad de ensayos que cumplen: _____				
Porcentaje: _____ %						
Ensayos que no cumplen						
N°	γ_f (kN/ m ³)	ω (%)	γ_d (kN/ m ³)	Compactación (%)	Ubicación	
EI PAÑO CONTROLADO CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES					SI	NO
Observaciones y recomendaciones:						
Paño controlado por:			Revisado por:			

Bibliografia

ASTM D 653-96 Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids

ASTM D 698-91 Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft³ (600 kN · m/m³))

ASTM D 1556-90 Test Method for Density and Unit Weight of Soil In Place by the Sand-Cone Method

ASTM D 1557-91 Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN · m/m³))

ASTM D 2167-94 Test Method for Density and Unit Weight of Soil In Place by the Rubber Balloon Method

ASTM D 2216-92 Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock

ASTM D 2937-94 Test Method for Density of Soil In Place by Drive-Cylinder Method

ASTM D 4253-96 Test Method for Maximum Index Density and Unit Weight of Soil Using a Vibratory Table

ASTM D 4564-93 Test Method for Density of Soil In Place by the Sleeve Method

ASTM D 4718-94 Practice for Correction of Unit Weight and Water Content for Soils Containing Oversize Particles

ASTM D 4753-95 Specification for Evaluating, Selecting, and Specifying Balances and Scales for Use in Soil and Rock Testing

ASTM D 4914-94 Test Method for Density of Soil and Rock In Place by the Sand Replacement Method in a Test Pit

ASTM D 4944-94 Test Method for Field Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Calcium Carbide Gas Pressure Tester Method

ASTM D 4959-94. Test Method for Determination of Water (Moisture) Content of Soil by Direct Heating Method

ASTM D 5030-94 Test Method for Density of Soil and Rock in Place by the Water Replacement Method in a Test Pit

AASHTO T 214 66 Standard Method of Test for Field Determination of Density of Soil in Place by the Oil Method.