

Designación: D 1556-00

Método de Ensayo Estándar para Determinar la Densidad y Peso Unitario del Suelo en el Sitio por el Método del Cono de Arena ¹

Esta norma estándar se publica bajo la designación fija ASTM C 1556; el número que sigue a la designación indica el año de su adopción original, en caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de su última reprobación. En épsilon como superíndice (ϵ) indica que se ha producido un cambio editorial desde su última reprobación o revisión.

Esta norma ha sido aprobado para su uso por las agencias del Departamento de Defensa de Estados Unidos

1. Alcance *

- 1.1 Este método de prueba puede utilizarse para determinar en el sitio la densidad y el peso unitario de suelos utilizando el aparato de cono de arena.
- 1.2 Este método de prueba es aplicable para suelos sin cantidades apreciables o considerables de roca o materiales gruesos mayores a 1 ½" (38 mm) de diámetro.
- 1.3 Este método de prueba puede también ser utilizado para determinar la densidad en campo y el peso volumétrico de suelos inalterados o suelos in situ, cuando los vacíos naturales o aberturas de poros en el suelo que sean suficientemente pequeños para prevenir que al usar arena en la prueba esta pueda entrar en los vacíos.

El suelo u otro material que este siendo probado deberá tener la suficiente cohesión o atracción de partículas para mantener lados estables en un pequeño hoyo o excavación, y que sea lo suficiente firme para mantener las presiones menores ejercidas al excavar el hueco y al colocar los aparatos sobre éste, sin que se deforme o se caiga.

- 1.4 Este método de prueba no es recomendable para suelos orgánicos, saturados o altamente plásticos que se deformarían o se comprimirían durante la excavación del hueco de la prueba. Este método de prueba puede no ser aplicable para suelos consistentes de materiales granulares sueltos que no mantendrían lados estables en el hueco de prueba, suelos conteniendo cantidades notables de material grueso mayores de 1 ½" (38 mm) y suelos granulares teniendo altas relaciones de vacíos.
- 1.5 Cuando los materiales que vayan a ser probadas contienen cantidades considerables de partículas mayores de 1 ½" (38 mm), o cuando son requeridos huecos de prueba con un volumen mayor que 0.1 ft³ (2830 cm³). Los métodos de prueba D 4914 ó D 5030 son aplicables.
- 1.6 Es práctica común en la ingeniería el usar libras para representar ambas, una unidad de masa (lbm) y una unidad de fuerza (lbf). Esta implicación combina dos sistemas separados de unidades, que es, el sistema absoluto y el sistema gravitacional. Es científicamente indeseable el combinar el uso de dos juegos separados de unidades de pulgadas-libras en una sola norma. Este método de prueba ha sido escrito utilizando el sistema gravitacional de unidades cuando trate con el sistema pulgada-libra. En este sistema la libra (lbf) representa una unidad de fuerza (peso). De cualquier forma, el uso de balanzas o escalas registrando libras de masa (lbm), o el registro de densidad en lbm/ft³ no deberá ser considerada como no conformidad con este método de prueba.
- 1.7 Esta norma no pretende dirigir todo lo concerniente a seguridad o cualquiera problema asociado con su uso. Es responsabilidad de quienes la usen establecer las medidas de salud y seguridad apropiadas, así como determinar la aplicabilidad de regulaciones limitativas antes de usarlas.

¹ Este método de ensayo cae bajo la jurisdicción de la ASTM Comité D-18 de Suelos y Roca y es responsabilidad directa del Subcomité D 18.08C09.60 de Pruebas Especiales y de Control de Construcción.

Edición vigente aprobada el 10 de Marzo de 2000. Publicada en Abril 2000. Originalmente publicada como D 1556-58T. Última edición previa D 1556-90 (1996) ^{e1}.

2. Documentos de Referencia

2.1 Estándares ASTM:

D 653 Terminología Relacionada con Suelos Roca, Roca y Fluidos Contenidos²

D 698 Método de Ensayo para Características de Compactación en Laboratorio de Suelos Usando Esfuerzo Estándar (12,400 ft.lbf/ft (600 kNm/m))²

D 1557 Método de Ensayo para Características de Compactación en Laboratorio de Suelos Usando Esfuerzo Modificado (56,000 ft-lbf/ft (2,700 kN-m/m))²

D 2216 Método de Ensayo de Laboratorio para Determinar el Contenido de Agua (Humedad) de Suelos y Roca²

D 3584 Práctica para Indexar Papeles y Reportes en Suelo y Roca para Propósitos de Ingeniería³

D 3740 Práctica para los Requisitos Mínimos para las Agencias Relacionadas con el Ensayo y/o inspección de Suelos y Roca Según lo Utilizado en la Ingeniería Diseño y Construcción²

D 4253 Método de Ensayo para el Índice Máximo de Densidad y Peso Unitario de Suelos Usando la Mesa Vibratoria²

D 4254 Método de Ensayo para el Índice Mínimo de Densidad y Peso Unitario de Suelos y Calculo de la Densidad Relativa²

D 4643 Método de Ensayo para Determinar el Contenido de Agua (Humedad) de Suelos por el Método del Horno de Microondas²

D 4718 Práctica para la Corrección del Peso Unitario y Contenido de Agua en Suelos que Contienen Partículas de Sobretamaño²

D 4753 Especificaciones para Evaluación, Selección y Especificación de Basculas y Balanzas Usadas en el Ensayo de Suelos, Roca y Materiales de Construcción Relacionados²

D 4914 Método de Ensayo para Determinar la Densidad de Suelos y Roca en el Sitio por el Método de Reemplazo de Arena en un Hueco de Prueba²

D 4944 Método de Ensayo para Determinar en Campo el Contenido de Agua (Humedad) por el Método del Medidor de Presión del Gas de Carburo de Calcio⁴

D 4959 Método de Ensayo para Determinar el Contenido de Agua (Humedad) de Suelos por el Método de Calentamiento Directo⁴

D 5030 Método de Ensayo para Determinar la Densidad de Suelos y Roca en el Sitio por el Método de Reemplazo de Agua en un Hueco de Prueba⁴

3. Terminología

3.1 Definiciones- Todas las definiciones están de acuerdo con la terminología D 653.

3.2 Definiciones y Términos Específicos en Esta Norma

3.2.1 elevación compacta- es una capa de suelo compactada

4. Resumen del Método de Ensayo

4.1 Un hueco de prueba es excavado a mano en el suelo a ser ensayado y todo el material del hueco es guardado en un contenedor. El hueco es llenado con un flujo libre de arena de una densidad conocida, y se determina el volumen. La densidad húmeda en el sitio es determinada dividiendo la masa húmeda del material removido del hueco entre el volumen del hueco. El contenido de agua del material del hueco es determinado y la masa seca del material, la densidad seca en el sitio es calculada usando la masa humedades suelo, el contenido de agua y el volumen del hueco.

5. Significado y Uso

5.1 Este método de ensayo es usado para determinar la densidad de suelos compactos colocados durante la construcción de terraplenes, rellenos. A menudo es usado como base para aceptación de suelos compactos a una densidad especificada o un porcentaje de una densidad máxima determinada por un método de ensayo, tales como los Métodos de Ensayo D 698 o D 1557.

² Libro Anual del Estándares ASTM, Vol 04.08

³ Descontinuado; ver Libro Anual de ASTM Standards 1995, Vol. 04.08

⁴ Libro Anual del Estándares ASTM, Vol 04.09

- 5.2 Este método puede ser usado para determinar la densidad en sitio de depósitos naturales de suelo, agregados, mezclas de suelos, u otros materiales similares.
- 5.3 El uso de este método es generalmente limitado a suelos en condición no saturada. Este método no es recomendado para suelos que son suaves o deleznales (que se desmoronan fácilmente) o en una condición de humedad tal que el agua se filtre al hueco de prueba. La exactitud del ensayo puede ser afectada por suelos que se deforman fácilmente o que puedan experimentar un cambio de volumen en el hueco excavado por vibración, por estar parado o caminar cerca del hueco durante la prueba (ver Nota 1).

Nota 1- Cuando se ensaye en condiciones suaves o con saturación en suelos cercanos, los cambios de volumen pueden ocurrir en el hueco de prueba como resultado de la cargas en la superficie, como el personal que desarrolla la prueba o similares. Esto puede ser evitado algunas veces usando una plataforma apoyada a alguna distancia del hueco. Como no es posible detectar cuando un cambio de volumen a ocurrido, los resultados de los ensayos deben ser comparados siempre con la densidad saturada teórica y la curva de cero vacíos en el diagrama densidad seca contra contenido de agua. Cualquier prueba en terreno natural o en suelos compactados que obtenga resultados mayores a 95% de saturación es sospechoso y es probable que un error se haya ocurrido, o el volumen del hueco haya cambiado durante la prueba.

Nota 2- A pesar de las declaraciones de precisión y tendencia contenidas en este método, la precisión de este método de ensayo es dependiente de la competencia del personal para ejecutarla, y de la conveniencia del equipo y herramientas utilizadas. Agencias han creado el criterio de práctica D 3740 y es generalmente considerado capaz de proporcionar un ensayo objetivo y competente. Usuarios de éste método de ensayo advierten que el cumplimiento con la práctica D 3740 no asegura la confiabilidad de las pruebas. Las pruebas confiables dependen de varios factores; la práctica D 3740 proporciona medio de evaluación de algunos de esos factores.

6. Aparatos

6.1 Aparato de Cono de Arena, consiste en los siguiente:

- 6.1.1 Una recipiente conectable u otro contenedor de arena que tenga un volumen de capacidad mayor del requerido para llenar el hueco de prueba y el aparato durante la prueba.
- 6.1.2 Un aparato desmontable consistente en una válvula cilíndrica con un orificio de aproximadamente $\frac{1}{2}$ " (13 mm) de diámetro, conectado a un embudo de metal y al contenedor de la arena en un extremo y un embudo grande de metal (cono de arena) en el otro extremo. La válvula deberá tener topes para evitar su rotación cuando esté en posición de completamente abierta o de completamente cerrada. El aparato deberá ser construido de metal suficientemente rígido para prevenir distorsiones o cambios de volumen en el cono. Las paredes del cono deben formar un ángulo de aproximadamente 60 ° con la base para permitir sea llenado uniformemente con arena.
- 6.1.3 Una base de metal o plantilla con un hueco biselado en el centro moldeado o maquinado para recibir el embudo grande (cono) del aparato descrito en 6.1.2. Esta base puede ser redondo o cuadrada y debe ser mínimo 3" (75 mm) más grande que el embudo (cono de arena). La base debe ser plano en el fondo y tener suficiente espesor para ser rígido. Bases con bordes levantados, ribetes u otros rigidizadores de aproximadamente $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ " pueden ser usadas.
- 6.1.4 La masa de la arena requerida para llenar el aparato y la base deben ser determinadas de acuerdo con las instrucciones del Anexo A1 antes de usarlo.
- 6.1.5 Los detalles del aparato se muestran en la figura 1 representan las dimensiones mínimas aceptables convenientes para ensayar suelos que tengan partículas con tamaño máximo de aproximadamente 1 $\frac{1}{2}$ " (38 mm) y un volumen del hueco de prueba de aproximadamente 0.1 ft³ (2830 cm³). Cuando el material que esta siendo ensayado contiene pequeñas cantidades de sobretamaños o partículas grandes aisladas son encontradas, el hueco de prueba debe ser movido a una nueva ubicación. Un aparato y hueco de prueba más grandes, son necesarios cuando son frecuentes las partículas mayores a 1 $\frac{1}{2}$ " (38 mm). El aparato descrito representa un diseño que a sido satisfactoriamente probado. Aparatos más grandes, u otros diseños de similares proporciones pueden ser usados mientras los principios básicos de la determinación del volumen de arena sean observados. Cuando el hueco de prueba sea mayor a 0.1 ft³ (2830 cm³) se requiere utilizar el Método de Ensayo D 4914.

- 6.2 Arena, debe ser limpia, seca, uniforme en densidad y graduación, no cementante, durable y que fluya libremente. Cualquier graduación puede ser utilizada si el coeficiente de uniformidad ($C_U = D_{60}/D_{10}$) es menor 2.0, un tamaño máximo de las partículas menor a 2.0 mm (Malla No. 10), y menos del 3% en peso pase 250 μm (Malla No. 60). Una graduación uniforme es requerida para prevenir la segregación durante el manejo, almacenamiento y uso. Una arena libre de finos y partículas finas es requerida para prevenir cambios significativos en la masa volumétrica con los normales cambios diarios en la humedad atmosférica. Arena considerada durable, natural y subredondeada o redondeada, es deseable. Arena triturada o arena con partículas angulosas puede no tener un flujo libre, esta condición puede causar cambios resultando en determinaciones inexactas de la densidad (ver Nota 3). En la selección de una arena de una fuente potencial, una granulometría y masa volumétrica deben ser hechas por cada contenedor o bolsa de arena, de acuerdo con el procedimiento del Anexo A2. Para ser aceptable una arena la variación entre cualquier determinación de la masa volumétrica no debe ser mayor al 1% del promedio. Antes de usar la arena en determinaciones de la densidad, debe ser secada, esta permitido alcanzar un estado de secado al aire en la ubicación donde esta será utilizada (ver Nota 4). La arena no debe ser reusada sin antes remover cualquier contaminación con suelo, verificar la graduación, secar y redeterminar la masa volumétrica (ver Nota 5). Pruebas de la masa volumétrica de la arena deben ser hechas periódicamente en intervalos de tiempo que no excedan 14 días, y siempre después que se presenten cambios significativos en la humedad atmosférica, antes de reusarla y antes de usar un nuevo lote de un proveedor previamente aprobado (ver Nota 6).

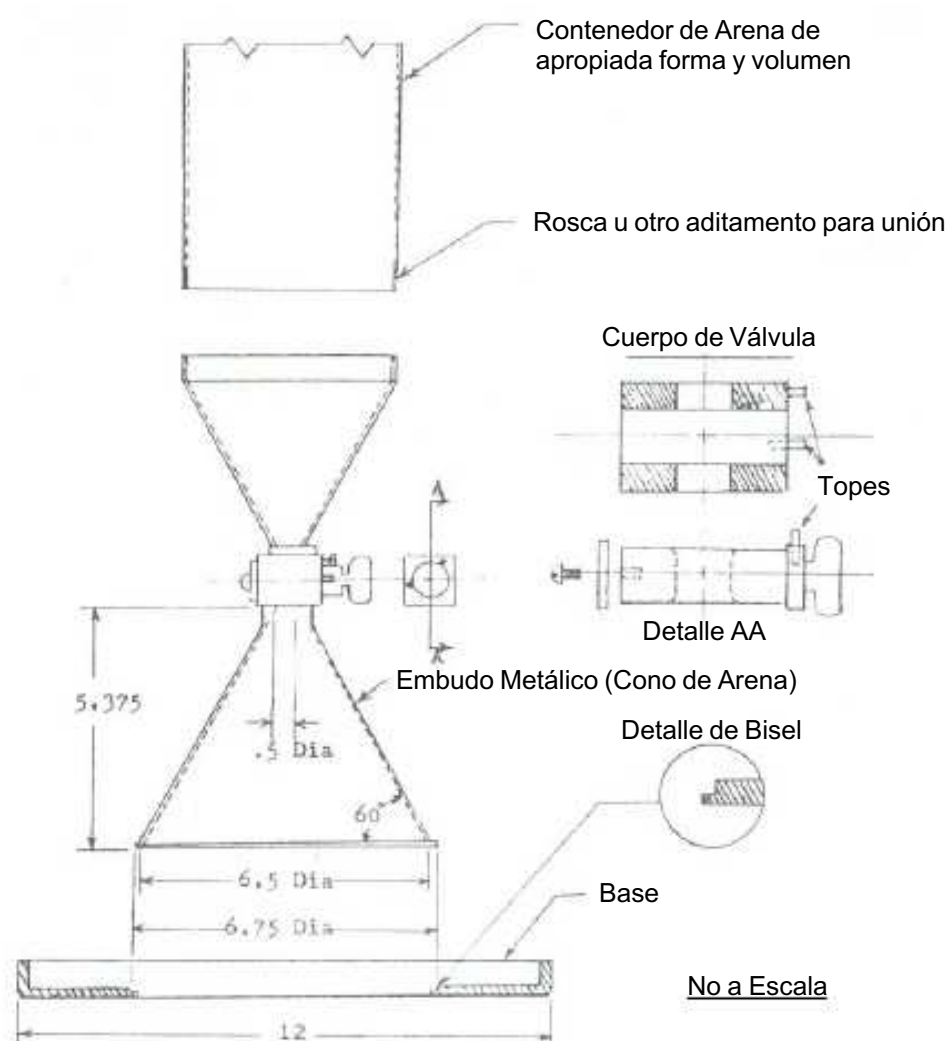


Tabla de Equivalencias		
Pulgadas		mm
.5	.	12.5
5.375	.	136.5
6.5	.	165.1
6.75	.	171.5
12	.	304.8

Fig. 1 Aparato de Densidad

Nota 3- Algunas arenas manufacturadas (trituradas) tales como la blasting sand son usadas con éxito y buena reproducibilidad. La reproducibilidad de los resultados de prueba deben ser verificados bajo condiciones de prueba controladas en laboratorio antes de seleccionar una arena angulosa para uso.

Nota 4- Muchas organizaciones han encontrado beneficioso el almacenar la arena en contenedores resistentes a la humedad. La arena debe ser almacenada en áreas secas protegidas contra el clima. El uso de un lámparas u otra fuente de calor en, o adyacente a, los contenedores también se ha encontrado benéfico en áreas de humedad alta.

Nota 5- Como regla general, el recuperar la arena después de la prueba no es deseable.

Nota 6- La mayoría de las arenas tiene una tendencia a absorber humedad de la atmósfera. Una muy pequeña cantidad de la humedad absorbida puede hacer un sustancial cambio en la masa volumétrica. En áreas con alta humedad o donde la humedad cambia frecuentemente, la masa volumétrica puede ser necesario que sea determinada mas a menudo que el intervalo máximo indicado de 14 días. La necesidad de una verificación mas frecuente puede ser determinada por comparación de resultados de diferentes pruebas de masa volumétrica de la misma arena en las mismas condiciones de uso en un periodo de tiempo.

- 6.3 Basculas o Balanzas, que cumplan con las Especificaciones D 4753, con 5.0 g de aproximación o mejor, para determinar la masa de la arena o el suelo excavado. Una bascula o balanza que tenga una capacidad mínima de 20 kg y una aproximación de 5.0 g, es conveniente para la determinación de la masa de la arena y el suelo excavado cuando es usado un aparato con las dimensiones mostradas en la Figura 1.
- 6.4 Equipo de Secado, El equipo correspondiente al método usado para determinar el contenido de agua es especificado en los Métodos de Ensayo D 2216, D 4643, D 4959 o 4944.
- 6.5 Equipo Misceláneo, Cuchillo, pico pequeño, cincel, una pequeña pala, desarmador, o cucharas para cavar los huecos de prueba, clavos o pequeñas estacas para asegurar la base; cubetas con tapa, sacos de plástico, u otro contenedor conveniente para retener las muestras de densidad

7. Procedimiento

- 7.1 Seleccionar una ubicación/elevación que sea representativa al área a ser probada, y determinar la densidad del suelo en el sitio como sigue:
 - 7.1.1 Inspeccionar el aparato del cono para ver algún daño, libre rotación de la válvula y el apropiado ajuste con la base. Llenar el contenedor con arena acondicionada a la cual se le determino su masa volumétrica de acuerdo al Anexo A2, y se determina su masa total.
 - 7.1.2 Prepare la superficie de la ubicación a ser ensayada de modo que sea un plana y nivelada. La base puede ser usada como una herramienta para nivelar la superficie.
 - 7.1.3 Colocar la base en la superficie plana, asegurando el contacto entre la superficie del suelo alrededor del hueco biselado del centro. Marcar el contorno de la base para verificar cualquier movimiento durante la prueba, y si es necesario, asegurar la base contra cualquier movimiento usando clavos colocados en el suelo adyacentes a los limites de la base, o de otra manera, evitando alterar el suelo a ser ensayado.
 - 7.1.4 En suelos donde no es posible nivelar la superficie, o quedan vacíos en la superficie, el volumen horizontal limitado, por el embudo, la base y la superficie del suelo, deben ser determinados en una prueba preliminar. Llenando el espacio con arena del aparato, determinando la masa de arena usada para llenar este espacio, rellenando el aparato y determinando una nueva masa inicial del aparato y la arena antes de proceder con la prueba. Antes de iniciar las mediciones, cuidadosamente se debe limpiar con una brocha el arena de la superficie preparada. (ver Nota 7).

Nota 7- Un segundo equipo calibrado puede ser llevado a campo cuando esta condición es anticipada (en lugar de rellenar y hacer una segunda determinación). El procedimiento establecido en 7.1.4 puede ser usado para cada prueba cuando se desea la exactitud, sin embargo, esto usualmente no es necesario por que la mayor cantidad de pruebas se realizan sobre superficies relativamente suaves.

- 7.1.5 El volumen del hueco de prueba depende del tamaño máximo de las partículas en el suelo a ser ensayado. El volumen del hueco de prueba deberá ser tan grande como sea prácticamente posible, para minimizar los errores y no debe ser menor que los volúmenes indicados en la Tabla 1. La profundidad del hueco debe ser seleccionada para que sea una muestra representativa del suelo. Para control de la construcción, la profundidad del hueco puede ser aproximadamente el espesor de una o más capas compactas. El procedimiento para calibrar la arena debe reflejar esta profundidad del hueco de prueba. Ver Anexo A2.
- 7.1.6 Cave el hueco de prueba a través del hueco central en la base, teniendo cuidado de evitar afectar o deformar el suelo que limita el hueco. Los lados del hueco deben tener una ligera pendiente hacia el centro y la parte inferior debe ser razonablemente plana o cóncava. El hueco debe mantenerse tan libre como sea posible de oquedades y obstrucciones agudas por que estas afectan la exactitud de las pruebas. Suelos que son esencialmente granulares requieren extremar los cuidados y pueden requerir excavar en forma cónica el hueco de prueba. Coloque el suelo excavado, y todo el suelo aflojado durante la excavación, en un contenedor que conserve al humedad firmemente esté es marcado para identificar el número de prueba. Tomar los cuidados para evitar la pérdida de material. Se debe proteger éste material de cualquier pérdida de humedad hasta que la masa a sido determinada y un espécimen a sido obtenido para la determinación del contenido de agua.
- 7.1.7 Limpie el bisel de la base, invierta el aparato del cono de arena y coloque el cono de arena en el hueco biselado en la misma posición que fue colocado durante la calibración. (ver Anexo A1). Elimine o minimice las vibraciones en el área de prueba debido al personal o al equipo. Abra la válvula y permita que la arena llene el hueco de prueba, el embudo y la base. Tenga cuidado para evitar mover o sacudir el aparato mientras la arena esta fluyendo. Cuando la arena se detenga, cierre la válvula.
- 7.1.8 Determine la masa del aparato con la arena restante, registre y calcule la masa de la arena usada.
- 7.1.9 Determine y registre la masa húmeda del material que fue removido del hueco de prueba. Cuando sean requeridas correcciones por material de sobretamaños, determine la masa del material de sobretamaño en la malla apropiada y regístrelo. Tenga cuidado para evitar pérdidas de humedad. Cuando se requiera, haga las correcciones apropiadas para el material de sobretamaño usando la Practica D 4718.
- 7.1.10 Mezcle el material a fondo, y obtenga un espécimen representativo para la determinación del contenido de agua, o use la muestra completa.
- 7.1.11 Determine el contenido de agua de acuerdo con los Métodos de Ensayo D 2216, D 4643, D 4944 o D 4959. Correlaciones con el Método de Ensayo D 2216 deben ser ejecutadas cuando sean requeridas por otros métodos de ensayo.
- 7.2 Los especímenes para el contenido de agua deben ser suficientemente grandes, de tal manera que representen a todo el material obtenido del hueco de prueba. La masa mínima para los especímenes de contenido de agua es la requerida para proporcionar contenidos de agua con una aproximación de 1.0 %.

Tabla 1 Volumen Mínimo del Hueco de Prueba Basado en el Tamaño Máximo de las Partículas Incluidas

Tamaño Máximo de Partículas		Volumen Mínimo del Hueco de Prueba	
pulgadas	mm	cm ³	ft ³
½	12.7	1415	0.05
1	25.4	2125	0.075
1 ½	38	2830	0.1

8. Cálculos

8.1 Los cálculos son mostrados para masa en gramos y para volúmenes en centímetros cúbicos. Otras unidades son permitidas proporcionando los factores de conversión apropiados para mantener la consistencia de unidades a través de los cálculos. Ver 1.6 para comentarios adicionales en el uso de unidades pulgadas-libras.

8.2 Calcule el volumen del hueco de prueba como sigue:

$$V = (M_1 - M_2) / \rho_1 \quad (1)$$

Donde:

V = volumen del hueco de prueba, cm³,
M₁ = masa de la arena usada para llenar el hueco de prueba, el embudo y la base, g (de 7.1.8),
M₂ = masa de la arena usada para llenar el embudo y la base (de Anexo A1.2.2.6), g, y
ρ₁ = masa volumétrica de la arena (de A2.3.5), g/cm³.

8.3 Calcule la masa seca del material removido del hueco de prueba como sigue:

$$M_4 = 100 M_3 / (w + 100) \quad (1)$$

Donde:

w = contenido de agua del material removido del hueco de prueba, %, (de 7.1.11),
M₃ = masa húmeda del material del hueco de prueba, g, (de 7.1.9), y
M₄ = masa seca del material del hueco de prueba, g, o multiplique por 0.002205 para obtener lb.

8.4 Calcule la densidad húmeda y seca en el sitio del material ensayado, como sigue: (3)

$$\rho_m = M_3 / V$$

$$\rho_d = M_4 / V$$

Donde:

V = volumen del hueco de prueba, cm³, (de 8.2),
M₃ = masa húmeda del material del hueco de prueba, g, (de 7.1.9),
M₄ = masa seca del material del hueco de prueba, g, (de 8.3)
ρ_m = densidad húmeda del material ensayado g/cm³ o su peso unitario húmedo γ_m, en lb/ft³ donde γ_m = ρ_m x 62.43
ρ_d = densidad seca del material ensayado g/cm³ o su peso unitario seco γ_d, en lb/ft³ donde γ_d = ρ_d x 62.43

8.5 Puede ser deseable el expresar la densidad en sitio como porcentaje de alguna otra densidad, por ejemplo, las densidades de laboratorio determinadas de acuerdo con los Métodos de Ensayo D 698, D 1557, D 4253 o D 4254. Esta relación puede ser determinada dividiendo la densidad en sitio entre la densidad de laboratorio y multiplicar por 100. Los cálculos para determinar la densidad relativa son proporcionados en el Método de Ensayo D 4254. Las correcciones por sobretamaño, si son requeridas, deben ser realizadas de acuerdo con la Practica D 4718.

9. Informe

9.1 Informe, al menos deberá incluir la siguiente información:

- 9.1.1 Ubicación de la prueba, elevación, espesor de la capa ensayada, u otra información pertinente para localizar o identificar la prueba.
 - 9.1.2 Volumen del hueco de prueba, cm³ o ft³
 - 9.1.3 Densidad húmeda en el sitio, ρ_m, g/cm³ o lb/ft³.
-

- 9.1.4 Densidad seca en el sitio, ρ_d , g/cm³.
- 9.1.5 Peso unitario seco en el sitio, kN/m³ ($\rho_d \times 9.807$) o lb/ft³ ($\rho_d \times 62.43$), expresado con aproximación de 0.1 kN/m³, o 1.0 lb/ft³.
- 9.1.6 Contenido de agua del suelo en el sitio expresado como porcentaje de la masa seca, y el metodo de ensayo usado.
- 9.1.7 Identificación del equipo usado y volumen calibrado.
- 9.1.8 Masa unitaria de la arena usada, g/cm³, o lb/ft³.
- 9.1.9 Descripción visual del suelo o designación del material.
- 9.1.10 Masa y porcentaje de partículas de sobretamaño y la malla usada, si se realizó.
- 9.1.11 Comentario de la prueba, cuando sea aplicable.
- 9.1.12 Si la densidad seca en el sitio o el peso unitario es expresado como un porcentaje de otro valor, incluir la siguiente información:
 - 9.1.12.1 El método de ensayo de laboratorio usado.
 - 9.1.12.2 La densidad seca comparativa o el valor del peso unitario y el contenido de humedad usado.
 - 9.1.12.3 Corrección por material de sobretamaño y detalles, si es aplicable.
 - 9.1.12.4 El porcentaje comparativo entre el material en el sitio y el valor de comparación.
- 9.1.13 Si la densidad en el sitio, el peso unitario o el contenido de agua serán usados para aceptación, incluir el criterio de aceptación aplicable a la prueba.

10. Precisión y Tendencia

- 10.1 Declaración de la Precisión- Debido a la naturaleza del suelo o materiales de roca ensayados por este método, no es factible o demasiado costoso al momento de requerir múltiples especímenes que tengan las propiedades físicas uniformes. Cualquier variación observada en los datos probablemente sea debida a las variaciones del espécimen, como a variaciones en el operador o laboratorio de ensayos. El subcomité D 18.08 recibe propuestas que permitan el desarrollo de una declaración valida de la precisión.
- 10.2 Declaración de la Tendencia- Este no es un valor aceptable de referencia para éste método, por lo tanto, la tendencia no ha sido determinada.
- 10.3 Una prueba round-robin ha sido completada, ésta es estimada por el Subcomité D 18.08 con los datos disponibles, el resultado de dos pruebas correctamente conducidas realizadas por un operador experto con el mismo material en un momento y ubicación dados, no deben diferir en más de aproximadamente 2 lb/ft³ (3.2 kg/cm³). Si las pruebas son realizadas por operadores inexpertos en el mismo material, espere obtener diferencias sustancialmente mayores.

11. Palabras Clave

- 11.1 Las siguientes palabras clave son aplicables a este método de ensayo de acuerdo con la Practica D 3584: pruebas de aceptación; pruebas de compactación; grado de compactación; pruebas de densidad; relleno de tierra; terraplenes; control en campo de densidades; pruebas de campo; densidad en el sitio; densidad seca en el sitio; densidad in situ; densidad relativa; como de arena; compactación de suelo; pruebas de suelo; peso unitario.

ANEXOS (Información Obligatoria)

A1. CALIBRACIÓN DEL APARATO DEL CONO DE ARENA

A1.1 Alcance

- A1.1.1 Éste anexo describe el procedimiento para determinar la masa de la arena contenida en el embudo y la base de aparato del cono de arena.
-

- A1.1.2 La masa de arena contenida en el aparato y la base depende de la masa unitaria de la arena. Consecuentemente, este procedimiento debe ser realizado para cada aparato siempre que existan cambios en la masa volumétrica de la arena.

A1.2 Procedimiento de Calibración

- A1.2.1 La calibración del aparato puede ser realizada por cualquiera de los siguientes dos métodos:

- A1.2.1.1 Método A- Determinándose la masa de arena calibrada que puede ser contenida en cada juego de embudo y base, o
- A1.2.1.2 Método B- Determinándose el volumen de arena necesaria para llenar cada juego de embudo y base y aplicando éste volumen constante siempre que una nueva masa volumétrica de la arena es calculada.
- A1.2.1.3 Dado que la masa de la arena contenida en el embudo del aparato y la base es dependiente de la masa volumétrica de la arena, si el Método A es usado, éste debe ser repetido siempre que la masa volumétrica de la arena cambie.

- A1.2.2 Todas las determinaciones de la masa deben ser hechas con aproximación a 5 g.

A1.2.3 Método A:

- A1.2.3.1 Llenar el aparato con arena seca y se condiciona al mismo estado esperado durante el uso en las pruebas.
- A1.2.3.2 Determine la masa del aparato lleno de arena, g.
- A1.2.3.3 Coloque la base en una superficie limpia, nivelada y plana. Invierta el contenedor/aparato y coloque el embudo en el hueco biselado de la base. Marque e identifique el aparato y la base de modo que puedan ser reunidos y reacomodados en la misma posición durante la prueba.
- A1.2.3.4 Habrá la válvula completamente hasta que el flujo de la arena se detenga, asegurándose que el aparato, la base o la superficie no hayan sido movidos o vibrados antes de cerrar la válvula.
- A1.2.3.5 Cierre la válvula rápidamente, remueva el aparato y determine la masa del aparato y la arena restante. Calcule la masa de la arena usada para llenar el embudo y la base como la diferencia entre la masa inicial y final.
- A1.2.3.6 Repetir el procedimiento un mínimo de tres veces. La máxima variación permitida entre cualquier determinación y el promedio no debe exceder 1%. Use el promedio de las tres determinaciones para este valor en los cálculos de las pruebas.

A1.2.4 Método B (Opcional):

- A1.2.4.1 Cuando se anticipa que el número de pruebas y lotes de arena será grande, puede ser ventajoso el determinar el volumen de cada aparato y base. Mientras no se descubra algún daño en el aparato o se mezclen un cono y una base no calibradas, el volumen seguirá siendo constante, y elimina la necesidad de repetir el Método cuando cambie la masa volumétrica de la arena (ver Nota A1.1). Si ésta alternativa es elegida, los cálculos de las pruebas de campo deben ser alterados para determinar el volumen total de la arena en el hueco de prueba y el aparato. Entonces el volumen del aparato es restado para obtener el volumen del hueco de prueba.
- A1.2.4.2 Determine la masa de la arena requerida para llenar el embudo del aparato y la base de acuerdo con A1.2.3, siguiendo los pasos A1.2.3.1-A1.2.3.6 para cada lote de arena.
- A1.2.4.3 Calcule el volumen del embudo y la base, dividiendo la masa volumétrica de la arena (según lo determinado en el Anexo A2) entre la masa de la arena encontrada en A1.2.3.6. Realice un mínimo de tres determinaciones y calcule el valor promedio. La máxima variación de volumen entre cualquier determinación y el promedio no debe exceder 1%. Use el promedio de los valores cuando realice los cálculos de la prueba.

Nota A1.1- El aparato del cono de arena debe ser rutinariamente inspeccionado por que cualquier daño puede afectar el volumen del cono. Golpes, deformaciones u otros daños pueden afectar el volumen del cono y hará necesaria una redeterminación del volumen (si es reparable).

A1. CALIBRACIÓN DE LA DENSIDAD DE LA ARENA

A2.1 Alcance

- A2.1.1 Este anexo es usado para determinar la masa volumétrica (calibración) de la arena para ser usada en este método de ensayo.
- A2.1.2 La calibración determina un promedio de la densidad de la arena para usarlo en el calculo del volumen del hueco de prueba.

ASTM Internacional no asume responsabilidad respecto a la validez de cualquier patente de los artículos mencionados en este estándar. Los usuarios de este estándar quedan advertidos expresamente que la determinación de la validez de cualquiera de estas patentes, y los riesgos causados por infringir tales derechos, caen totalmente bajo su responsabilidad.

Este estándar puede ser sujeto a revisión en cualquier momento por el comité técnico responsable y debe revisarse cada cinco años. Sino se revisa debe reaprobarse o cancelarse. Sus comentarios para revisión de este estándar o estándares adicionales deben enviarse a las oficinas principales de ASTM Internacional. Sus comentarios serán analizados ampliamente en una reunión del comité técnico responsable, a la cual usted puede asistir. Si siente que sus comentarios no han sido recibidos con la atención que merecen debe hacerlo saber al Comité de Estándares de ASTM, a la dirección mostrada posteriormente.

Los derechos de autor pertenecen a la ASTM Internacional, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, Estados Unidos. Pueden obtenerse reimpresiones individuales (en una sola copia o copias múltiples) de este estándar, poniéndose en contacto con la ASTM en la dirección mencionada anteriormente, o al 610-832-9585 (Teléfono), 610-832-9555 (Fax), o service@astm.org (e-mail); o a través del sitio de la ASTM (www.astm.org).