

DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE CONTRACCIÓN DE LOS SUELOS

INV E – 127 – 13

1 OBJETO

- 1.1** Esta norma de ensayo tiene como propósito la obtención de datos por medio de los cuales se pueden calcular las siguientes constantes de los suelos: a) límite de contracción, b) relación de contracción, c) cambio volumétrico, d) contracción lineal. El método descrito implica el uso de mercurio (Nota 1).

Nota 1: El mercurio es una sustancia peligrosa que puede causar efectos nocivos en la salud si su vapor se inhala por mucho tiempo o si se pone en contacto con la piel. Sus efectos son acumulativos. Siempre que se use mercurio, se deberán adoptar las siguientes precauciones: (1) Mantenerlo en un recipiente de cristal sellado e irrompible; (2) Trabajar en un área bien ventilada; (3) Evitar el contacto directo con el mercurio y usar guantes todo el tiempo; (4) Evitar el esparcimiento incontrolado de partículas, efectuando la parte del ensayo que requiera uso de mercurio, en un recipiente que pueda recoger las gotas que se derramen durante el ensayo; y (5) Las partículas no controladas se deben limpiar de la mejor manera posible, empleando un procedimiento que resulte idóneo para el manejo del mercurio.

- 1.2** El método descrito en esta norma se debe aplicar únicamente sobre la porción de suelo que pasa el tamiz de 425 μm (No. 40). Por lo tanto, se deberá considerar la contribución relativa de esta fracción de suelo a las propiedades de la muestra como conjunto, cuando se usen estos ensayos para evaluar las propiedades de un suelo.
- 1.3** A los fines de comparar valores medidos o calculados con límites especificados, el valor medido o calculado se deberá redondear al dígito significativo más próximo al del límite especificado.
- 1.4** Esta norma reemplaza la norma INV E-127-07.

2 DEFINICIONES

- 2.1** *Límite de contracción* – Es el contenido máximo de agua, por debajo del cual un secado adicional no causa una disminución de volumen de la muestra de suelo, pero por encima de cual un incremento en el contenido de agua sí produce un aumento en el volumen de la masa de suelo.
- 2.2** *Relación de contracción* – Es la relación entre un cambio dado de volumen, expresado como porcentaje del volumen seco, y el cambio correspondiente en

su contenido de agua por encima del límite de contracción, expresado como un porcentaje del peso seco al horno.

- 2.3** *Cambio volumétrico* – Es la disminución de volumen de la masa de suelo, cuando se reduce el contenido de agua desde un porcentaje dado hasta el límite de contracción.
- 2.4** *Contracción lineal* – Es la disminución de la muestra de suelo en una sola dimensión, expresada como un porcentaje de la dimensión original, cuando el contenido de agua se reduce desde un porcentaje dado hasta el límite de contracción.

3 RESUMEN DEL MÉTODO

- 3.1** Se remoldea completamente una muestra de suelo de grano fino con un contenido de agua que dé lugar a una consistencia similar a la del límite líquido. La pasta saturada se coloca en un recipiente de volumen conocido y se seca lentamente. Se determinan la masa y el volumen de la pastilla de suelo que se forma finalmente. Estas medidas se emplean para calcular las constantes del suelo.

4 IMPORTANCIA Y USO

- 4.1** Los factores de contracción cubiertos por este método de ensayo se pueden determinar únicamente en suelos finos cohesivos, que presenten resistencia cuando se secan al aire.
- 4.2** Se asume normalmente que el término límite de contracción, expresado como un contenido de agua en porcentaje, representa la cantidad de agua necesaria para llenar los vacíos de un suelo cohesivo dado, cuando se halle en su relación de vacíos más baja obtenida mediante secado (generalmente en el horno). Así, el concepto del límite de contracción se puede emplear para evaluar el potencial de contracción y/o la posibilidad de que se desarrollen grietas en obras que incluyan suelos cohesivos.

5 EQUIPO Y MATERIALES

- 5.1** *Vasijas de evaporación* – De porcelana, de 115 mm (4½") y de 150 mm (6") de diámetro, aproximadamente.
- 5.2** *Espátula* – De unos 76 mm (3") de longitud y 19 mm (¾") de ancho.
- 5.3** *Recipiente para contracción* – Circular, de porcelana o de metal monel (aleación de níquel y cobre), de base plana y de aproximadamente 44.5 mm (1 ¾") de diámetro y 12.7 mm (½") de altura.
- 5.4** *Regla de metal* – De 150 mm (6") o más de longitud.
- 5.5** *Cazuela (taza) de vidrio* – De 57 mm (2¼") de diámetro y 25 mm (1") de altura, con bordes lisos y nivelados.
- 5.6** *Placa de vidrio* – Con tres patas metálicas salientes, para sumergir la muestra de suelo en mercurio, como se muestra en la Figura 127 - 1.
- 5.7** *Probeta* – Con capacidad de 25 ml y graduada cada 0.2 ml.
- 5.8** *Balanza* – Con legibilidad de 0.1 g.
- 5.9** *Horno* – Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas constantes y uniformes hasta $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$).
- 5.10** *Recipiente pando de vidrio* – De, aproximadamente, 20×20×5 cm (8×8×2"), el cual se usará para contener derrames accidentales de mercurio.
- 5.11** *Guantes de caucho*.
- 5.12** *Mercurio* – Suficiente para llenar el recipiente de vidrio, hasta que rebose.
- 5.13** *Agua destilada*.

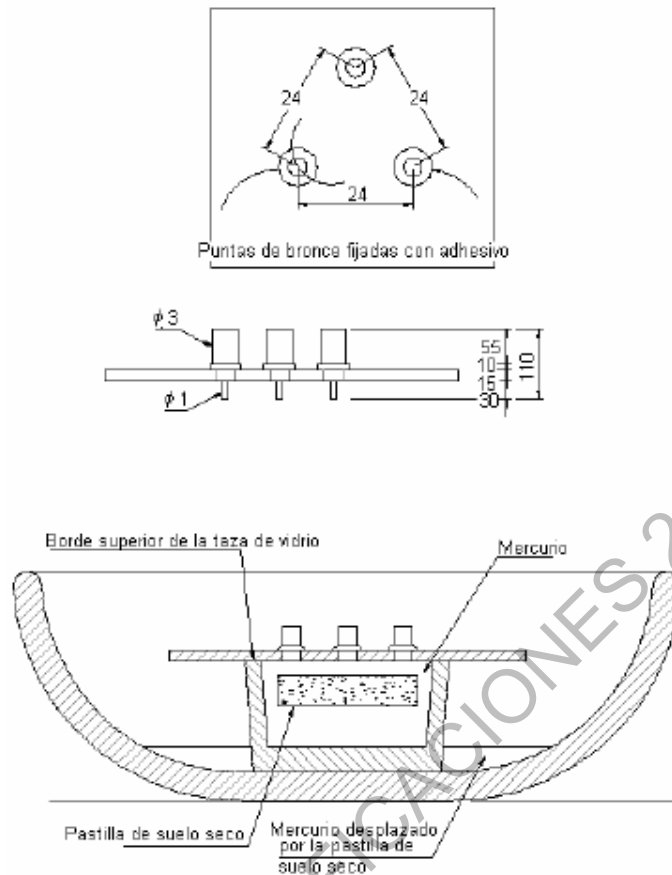


Figura 127 - 1. Aparato para determinar el cambio volumétrico del suelo

6 MUESTRA

- 6.1 De una porción de material completamente mezclado que pase el tamiz de 425 μm (No. 40) se toma una muestra que pese aproximadamente 30 g, de acuerdo con los procedimientos descritos en la norma INV E-106 o en la norma INV E-107.

7 PROCEDIMIENTO

- 7.1 La muestra de suelo se coloca en la vasija de evaporación y se mezcla completamente con una cantidad de agua destilada suficiente para llenar completamente los vacíos del suelo y darle una consistencia lo suficientemente pastosa (un poco por encima del límite líquido por apreciación visual), como para que pueda ser fácilmente colocada en el

recipiente para contracción. Es deseable usar la menor cantidad posible de agua que lleve la muestra a la consistencia deseada, con el fin de evitar que, si se trata de un suelo muy plástico, éste se agriete durante el proceso de secado.

- 7.2** Se reviste el interior del recipiente para contracción con una capa delgada de vaselina o cualquier grasa pesada, para evitar la adhesión del suelo al recipiente. Se determina y anota la masa en gramos del recipiente vacío (M_T).
- 7.3** Se coloca el recipiente para contracción dentro del recipiente pando de vidrio, para recuperar cualquier derrame del mercurio. La capacidad del recipiente de contracción, la cual será también el volumen de la masa de suelo húmedo, se determina llenando el recipiente con mercurio hasta rebosar, eliminando el exceso mediante presión con la placa de vidrio sobre la parte superior del recipiente. Se debe vigilar que no queden burbujas de aire atrapadas entre la placa y el mercurio, y si quedan, se deberá repetir el proceso llenando de nuevo el recipiente. Se determina el volumen de mercurio contenido en el recipiente para contracción midiendo en la probeta graduada la masa de mercurio retenida en él o determinando en la balanza la masa del mercurio y dividiéndola por su densidad (13.55 g/cm^3). Éste será el volumen de la masa de suelo húmedo (V).

Nota 2: No es necesario medir el volumen del recipiente de contracción cada vez que se realice un ensayo. El valor obtenido en una medición previa se puede seguir empleando, siempre y cuando el recipiente se encuentre bien identificado y en perfectas condiciones.

- 7.4** Se coloca en el centro del recipiente para contracción una cantidad de suelo húmedo igual o cercana a la tercera parte del volumen de éste y se fuerza para que fluya hacia los bordes, golpeándola suavemente sobre una superficie firme y acolchonada por varias hojas de papel secante o un material similar. A continuación, se agrega una cantidad de suelo aproximadamente igual a la primera porción y se golpea el recipiente hasta que el suelo esté completamente compactado y todo el aire incluido haya sido expulsado. Se agrega más suelo y se continúan los golpecitos hasta que el recipiente se llene completamente y rebose por los lados. Se remueve el exceso de suelo en la superficie con la regla metálica y se limpia el que quede adherido a la superficie externa del recipiente. Se pesa inmediatamente el recipiente de contracción con el suelo húmedo y se anota la masa obtenida (M_W).
- 7.5** Se deja secar la masa de suelo al aire, hasta que el color de la misma cambie de oscuro a claro. Luego, se introduce en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{ C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{ F}$), hasta alcanzar masa constante. Si la masa de suelo se agrieta o parte durante el secado, se deberá volver al paso 7.1 de este procedimiento

y se preparará una nueva pasta de suelo con menos agua. Si la masa de suelo seco no sufrió dicha alteración, se pesa con el recipiente y se anota la masa obtenida (M_D).

7.6 El volumen de la masa de suelo seco (pastilla) se determina de la siguiente manera:

7.6.1 Se coloca la cazuela (taza) de vidrio dentro del recipiente pando. Se llena la cazuela con mercurio hasta rebosar, y el exceso de mercurio se remueve presionando firmemente la placa de vidrio con tres salientes metálicas, sobre la parte superior del recipiente, cuidando que no queden burbujas de aire atrapadas entre la placa y el mercurio. Cualquier porción de mercurio que quede adherida a la parte externa del recipiente se deberá limpiar cuidadosamente.

7.6.2 El recipiente lleno de mercurio se coloca en la vasija de evaporación de 150 mm (6"). En seguida, se coloca la pastilla de suelo seco sobre la superficie del mercurio (ella flotará). Empleando la placa de vidrio con las tres salientes, se fuerza cuidadosamente la pastilla para sumergirla dentro del mercurio (Figura 127 - 1), presionándola firmemente sobre el recipiente. Es esencial que no quede aire atrapado entre la placa y el mercurio y si ello ocurre se deberá repetir el proceso desde el paso 7.6.1. El volumen de mercurio desplazado por la pastilla de suelo hacia la vasija de evaporación se mide en la probeta graduada y se anota como el volumen de suelo seco (V_0) o, alternativamente, determinando la masa del mercurio con aproximación a 0.1 g y calculando el volumen, usando la fórmula $V_0=M/D$, donde M es la masa de mercurio desplazada, en gramos, y $D=13.55 \text{ g/cm}^3$ (densidad del mercurio).

8 CÁLCULOS

8.1 Se calcula la masa húmeda del suelo en el momento en que éste fue colocado en el recipiente para contracción (M):

$$M = M_W - M_T \quad [127.1]$$

8.2 Se calcula la masa de la pastilla de suelo seco (M_0) como:

$$M_0 = M_D - M_T \quad [127.2]$$

- 8.3** Se calcula el contenido de agua del suelo en el momento en que éste fue colocado en el recipiente (w), con la expresión:

$$w = \frac{M - M_0}{M_0} \times 100 \quad [127.3]$$

- 8.4** Se calcula el límite de contracción (LC), como un contenido de agua en relación con la masa de suelo seco, con la expresión:

$$LC = w - \left[\frac{(V - V_0) \rho_w}{M_0} \right] \times 100 \quad [127.4]$$

Donde: ρ_w : Densidad del agua, aproximadamente igual a 1.0 g/cm³.

- 8.5** Se calcula la relación de contracción (R), por medio de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{M_0}{V_0 \times \rho_w} \quad [127.5]$$

- 8.6** Se calcula el cambio volumétrico (CV) para un contenido de agua cualquiera (w_1), superior al límite de contracción, con la expresión:

$$CV = (w_1 - LC) \times R \quad [127.6]$$

- 8.7** Se calcula la contracción lineal (CL) para un contenido de agua cualquiera (w_1), superior al límite de contracción, con la fórmula:

$$CL = 100 \left[1 - \sqrt[3]{\frac{100}{100 + CV}} \right] \quad [127.7]$$

9 INFORME

- 9.1** Se debe entregar la siguiente información:

- 9.1.1** Datos de identificación y descripción visual de la muestra.
- 9.1.2** Contenido inicial de agua, en porcentaje, aproximado al entero.
- 9.1.3** Valores de límite de contracción, de cambio volumétrico y de contracción lineal, redondeados al entero y sin mencionar que se trata de porcentajes.
- 9.1.4** Valor de la relación de contracción, aproximada a la centésima más cercana.

10 PRECISIÓN Y SESGO

10.1 Precisión – Ver Tabla 127 - 1.

Tabla 127 - 1. Estimaciones de precisión^A

MATERIAL Y TIPO DE CONSTANTE FÍSICA	VALOR PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (1s)	RANGO ACEPTABLE ENTRE DOS RESULTADOS (d2s)
<i>Un solo operador:</i>			
Límite de contracción	16	0.6	1.8
Relación de contracción	1.90	0.04	0.13
<i>Multi-laboratorio:</i>			
Límite de contracción	16	1.7	4.8
Relación de contracción	1.90	0.07	0.19

^A No hay datos en relación con el cambio volumétrico y la contracción lineal

- 10.2 Sesgo** – No hay valores de referencia aceptables para este método de ensayo, por lo que el sesgo no se puede determinar.

11 NORMAS DE REFERENCIA

ASTM D 427 – 04 (retirada por la ASTM en 2008)