

DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE CAMBIO VOLUMÉTRICO DE UN SUELO EMPLEANDO EL APARATO DE LAMBE

INV E – 120 – 13

1 OBJETO

- 1.1** Esta norma describe un método para la identificación rápida de suelos que puedan presentar problemas de cambio de volumen, como consecuencia de variaciones en su contenido de humedad.
- 1.2** A los efectos de esta norma, el cambio volumétrico potencial (CVP) de un suelo queda comprendido dentro de uno de los cuatro grupos siguientes: No crítico, Marginal, Crítico y Muy crítico. La pertenencia a uno u otro grupo se deduce del Índice de Expansión, que se define como la presión necesaria para reducir la expansión de la muestra a un valor muy pequeño. La magnitud de esta presión y las condiciones iniciales de humedad del suelo ensayado permiten determinar CVP (Figura 120 - 1).
- 1.3** Esta norma reemplaza la norma INV E–120–07.

2 RESUMEN DEL MÉTODO

- 2.1** El método consiste en valorar la presión de expansión que experimenta una probeta de suelo compactado en unas condiciones de humedad establecidas, al ser sometida a inmersión en el aparato medidor de Lambe.

3 IMPORTANCIA Y USO

- 3.1** Los suelos finos, en especial los cohesivos, se expanden o se contraen a medida que pasan del estado seco al húmedo o viceversa. Esta alteración de humedad puede producir cambios volumétricos que crean movimientos diferenciales de importancia en las estructuras, ocasionando graves agrietamientos en pavimentos, pisos, muros y cimentaciones.
- 3.2** Los suelos con características expansivas deben ser reconocidos oportunamente, con el fin de evaluar apropiadamente su estabilidad como material de fundación. El cambio volumétrico máximo que puede sufrir un

suelo debido a contracción o expansión no puede ser estimado con exactitud a partir de una inspección visual. Por esta razón, se requiere disponer de un dispositivo simple que suministre una identificación rápida del potencial de expansión de los suelos finos.

4 EQUIPO Y MATERIALES

4.1 *Aparato de Lambe* – El aparato Lambe para medir el índice de expansión (Figura 120 - 2) está constituido por los siguientes elementos:

4.1.1 *Marco metálico y base* – El marco metálico y la base deben ser resistentes, sólidos y capaces de soportar los esfuerzos producidos durante el ensayo, sin deformaciones apreciables. El marco metálico debe disponer de elementos para fijar el anillo dinamométrico.

4.1.2 *Célula* – En la que la muestra de ensayo queda confinada y cubierta de agua. Debe disponer de una carcasa de cierre. Debe estar constituida por:

4.1.2.1 *Un anillo porta-probeta* – En el que se aloje la probeta de suelo a ensayar, con un espesor que asegure que no se producen aumentos de diámetro apreciables bajo el efecto de las presiones que se generen durante el ensayo. Las dimensiones de la superficie cilíndrica interna deben de ser tales, que la probeta, una vez compactada, tenga 70 mm de diámetro y 16 mm de altura.

4.1.2.2 *Un anillo guía* – De igual diámetro interior y espesor que el anillo porta-probeta y con una altura aproximada de 17 mm.

Nota 1: Tanto el anillo porta-probeta como el anillo guía, deben disponer en el borde de un encaje para que se asegure un buen ajuste entre ellos.

4.1.2.3 *Dos placas porosas* – Pueden ser de material abrasivo o metálicas resistentes a la corrosión, debiendo, en cualquier caso, permitir el paso libre del agua y tener un tamaño de poro que evite la intrusión de partículas de suelo. La placa inferior debe tener un diámetro mayor que el interior del anillo porta-probeta. La placa superior debe tener un diámetro menor que el interior del anillo, en un valor comprendido entre 0.2 mm y 0.5 mm. Esta placa puede

adoptar una forma troncocónica para evitar posibles acodamientos. En este caso, la base mayor debe quedar en contacto con la probeta. La relación entre los diámetros de las bases superior e inferior debe estar comprendida entre 0.97 y 1.0.

4.1.2.4 *Un pistón de carga* – Con la rigidez adecuada para que no experimente deformaciones apreciables durante el ensayo.

4.1.3 *Anillo dinamométrico* – El anillo dinamométrico debe tener una rigidez tal, que se produzca una milésima de milímetro de deformación bajo una fuerza de 10 ± 1 N. Debe ir sólidamente unido al puente superior del marco metálico y disponer, en la posición diametralmente opuesta, de un pistón de longitud variable con una tuerca de bloqueo en la posición deseada.

4.2 *Martillo de compactación* – El empleado en el ensayo normal de compactación, descrito en la norma INV E – 141.

4.3 *Horno* – Con circulación de aire frío o caliente, con temperatura regulable hasta 60° C.

4.4 *Tamiz* – De 2.0 mm de abertura (No. 10).

4.5 *Equipo auxiliar* – Cronómetro, regla metálica de borde recto y afilado para enrasar, cuchara, brocha de pelo suave, cuchillo o navaja, mazo de caucho para desmenuzar la muestra.

5 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

5.1 La muestra de suelo se seca al aire, en el horno, o por medio de secadores de aire frío o caliente, pero siempre a menos de 60° C, hasta que se pueda deshacer por medio del mazo de caucho.

5.2 Una vez seca, la muestra se cuartea hasta obtener dos porciones, cada una de 1 kg, aproximadamente. Una de ellas, se tamiza por el tamiz de 2.00 mm (No. 10). El ensayo se realiza con la fracción que pasa por dicho tamiz, preparada con uno de los contenidos de humedad que se indican a continuación: (1) el correspondiente al límite plástico, estado que se denomina “*en el límite plástico*”; (2) el que resulte de mantener la fracción de la muestra de suelo durante 48 horas en un ambiente con una humedad relativa del 100 %, estado

que se denomina “húmedo” (nota 2); y (3) el que resulte de mantener la fracción de la muestra de suelo durante 48 h en un ambiente con una humedad relativa del 50 %, estado que se denomina “seco” (Nota 2).

Nota 2: Con el fin de asegurar la homogeneidad de la humedad de la fracción de muestra, se recomienda extenderla con la mayor superficie posible y removerla periódicamente.

6 PROCEDIMIENTO

6.1 Compactación del suelo. Obtención de la probeta:

6.1.1 El número de capas y el de golpes por capa con que se ha de compactar el suelo, dependen de las condiciones de humedad en que se haya preparado, de acuerdo con lo indicado en el numeral 5.2. En la Tabla 120 - 1 se indican los valores correspondientes a cada caso:

Tabla 120 - 1. Alternativas de compactación de la probeta

Humedad	Número de capas	Número de golpes por capa
Límite plástico	1	5
Húmedo (100 % de humedad relativa)	3	4
Seco (50 % de humedad relativa)	3	7 para las dos primeras capas y 8 para la última

6.1.2 Se coloca el anillo porta-probeta sobre la base, y sobre éste, el anillo guía. Se sitúa el conjunto sobre un soporte de gran solidez para evitar amortiguamientos. Según las condiciones en que se haya preparado el suelo, se debe proceder como se indica a continuación:

6.1.2.1 Si se ha preparado con las condiciones de humedad correspondientes al límite plástico, se coloca el suelo dentro de los anillos y con el martillo de compactación se presiona uniformemente por toda su superficie, hasta que ésta quede plana y unos 3 mm por debajo de la cara superior del anillo guía. Seguidamente se dan cinco golpes repartidos por dicha superficie, cambiando la posición del martillo después de cada golpe.

6.1.2.2 Si se ha preparado con las condiciones de humedad correspondientes a los estados que se han denominado

húmedo y seco, se vierte en el interior del conjunto la cantidad de suelo necesaria para que, una vez finalizada la compactación, la altura de la capa sea ligeramente superior a un tercio de la altura del anillo. Se presiona seguidamente con el martillo de compactación de manera uniforme, para distribuir bien el suelo. A continuación, se aplican los golpes que correspondan según el caso, repartiéndolos uniformemente por toda la superficie. Antes de colocar la siguiente capa, la capa recién compactada se debe escarificar con un objeto punzante en una profundidad comprendida entre 1 y 2 mm, para facilitar la unión entre ambas.

- 6.1.3** En cualquiera de los casos, al finalizar la compactación, la superficie de la probeta debe quedar entre 3 y 6 mm por encima del plano de separación de los dos anillos. Si esto no se consigue, se debe repetir el proceso, aumentando o disminuyendo la cantidad de suelo a compactar en cada capa.
- 6.1.4** Finalizada la compactación, se sueltan los elementos de fijación, se gira ligeramente el anillo guía para facilitar su separación y se retira.
- 6.1.5** Empleando la regla metálica, se enrasa el suelo al nivel de la cara superior del anillo porta-probeta, empezando por los bordes y avanzando hacia el centro, hasta que se consiga una superficie plana. Si en este proceso queda alguna pequeña cavidad, se rellena con suelo procedente del enrasado, tomando las precauciones necesarias para que no se altere el resto de la probeta. Seguidamente, se gira con suavidad el anillo porta-probeta para despegarlo de la base y se retira de la misma (nota 3).

Nota 3: Si al realizar esta operación se desprende parte del material, se debe interrumpir el proceso y volver a compactar con suelo preparado en algunos de los estados cuyo contenido en humedad sea superior al anterior.

- 6.1.6** Se eliminan los restos de suelo que hayan podido quedar en la base, si la compactación se ha efectuado directamente sobre ésta.

6.2 *Montaje del equipo:*

- 6.2.1** Se coloca la placa porosa inferior sobre la base del equipo y sobre ésta el anillo porta-probeta, asegurando un buen contacto entre dichos elementos. A continuación, se sitúa el anillo guía encima del anillo

porta-probeta, quedando asegurado el ajuste por medio del encaje que ambos disponen.

- 6.2.2** Se fija el conjunto mediante los tornillos correspondientes y se colocan sobre la probeta la placa porosa y el pistón de carga.
- 6.2.3** Se coloca en su posición el puente superior del marco metálico con el anillo dinamométrico y se fija a las columnas por medio de las tuercas correspondientes.
- 6.2.4** Se coloca la carga de fijación, ajustando el vástago del anillo sobre la superficie del pistón de carga, hasta que se consiga una lectura del medidor de deformaciones equivalente a 40 N (4.1 kgf). A continuación se fija la contratuerca de que va provisto el vástago, de manera que quede sin juego y se comprueba que la lectura del medidor de deformaciones sigue siendo la correspondiente a 40 N (4.1 kgf).

6.3 *Ejecución del ensayo*

- 6.3.1** Se añade agua, llenando la célula hasta que el nivel de aquella sobrepase ligeramente la cara superior del anillo guía e inmediatamente se pone en funcionamiento el cronómetro. Transcurridas 2 horas, se toma la lectura del anillo dinamométrico y con ella se determina el valor de la fuerza correspondiente en Newton.

7 CÁLCULOS

- 7.1** Los resultados del índice de expansión y del cambio volumétrico potencial se obtienen y se expresan de la siguiente manera:
 - 7.1.1** *Índice de expansión* – Es el cociente entre el valor de la fuerza calculada en el numeral 6.3.1, expresada en N, y la sección transversal de la probeta, expresada en mm². El índice de hinchamiento se expresa en MPa (1 MPa = 1 N/mm²).
 - 7.1.2** *Cambio volumétrico potencial (CVP)* – Se ubica el valor del índice de expansión, en las ordenadas del gráfico de la Figura 120 - 1 y, a partir de él, se traza una horizontal hasta cortar la curva correspondiente a las condiciones iniciales de humedad del suelo ensayado. El punto de corte se proyecta en las abscisas, donde se determina si el cambio

volumétrico potencial (CVP) es No crítico, Marginal, Crítico o Muy Crítico.

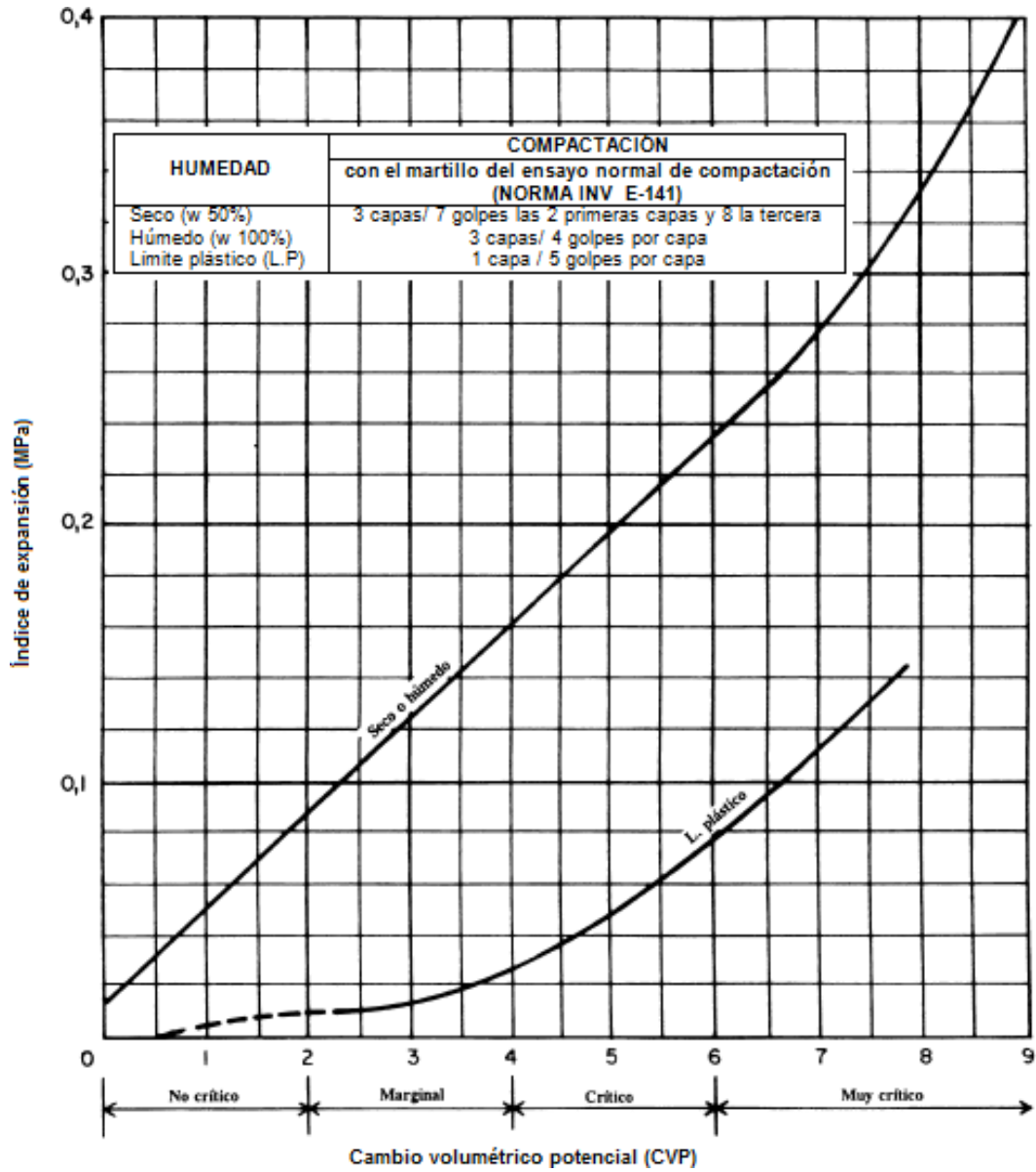


Figura 120 - 1. Índice de expansión vs. Cambio Volumétrico Potencial (CVP)

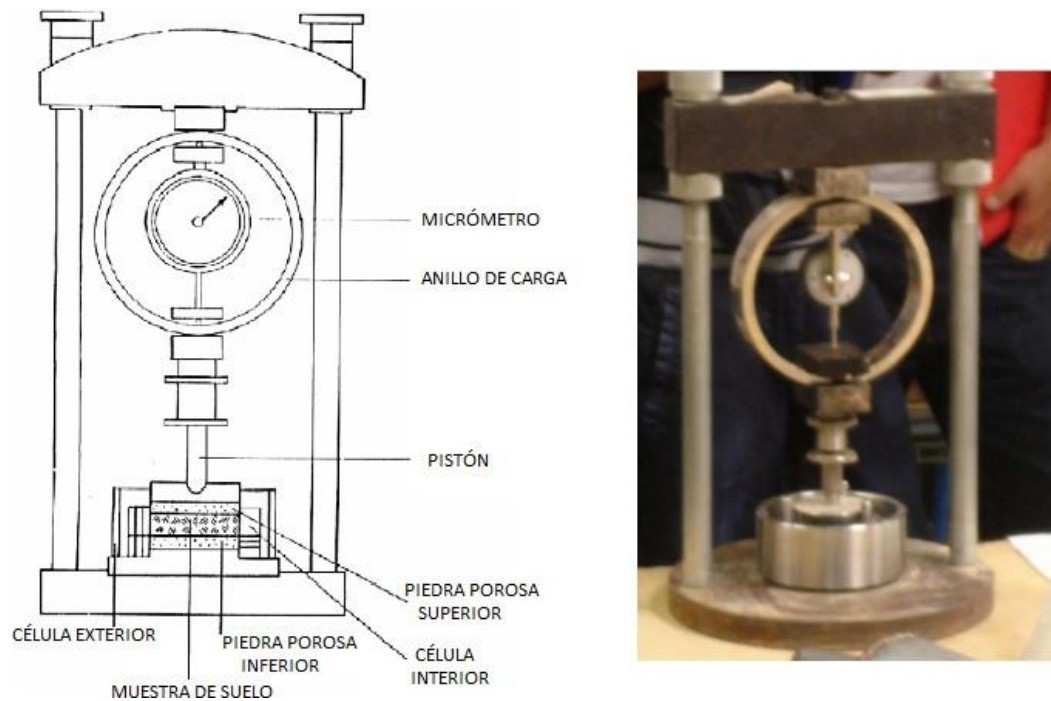


Figura 120 - 2. Aparato de Lambe

8 INFORME

8.1 Debe contener, como mínimo, la siguiente información:

- 8.1.1 Procedencia e identificación de la muestra.
- 8.1.2 Contenido de humedad utilizado para la compactación de la muestra y motivo para elegirlo.
- 8.1.3 Índice de expansión.
- 8.1.4 Cambio volumétrico potencial.

9 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

T. WILLIAM LAMBE, "The Character and Identification of Expansive Soils", Soil PVC Meter, A Technical Studies Report F.H.A.-701, Federal Housing Administration, Washington 25 D.C., May, 1960

G.F. HENRY & M.C. DRAGOO, "Guide of the use of the FHA soil PVC meter"
F.H.A.-595, Federal Housing Administration, Washington 25 D.C., January, 1965

UNE 103 600, Mayo 1996