

**Determinación de la densidad «in situ»
por el método de la arena**

NLT-109/58

1. OBJETO

- 1.1. La densidad del terreno se determina obteniendo el peso en seco de una muestra del suelo y el volumen que ocupaba en el terreno. En el presente método, dicho volumen se determina por medio de una arena calibrada.

2. APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

- 2.1. Balanza de unos 10 kg. de capacidad en un platillo y sensibilidad de 1 gr.
2.2. Balanza de unos 200 gr. de capacidad en un platillo y sensibilidad de 0,01 gr.
2.3. Estufa de desecación, regulable a 105-110° C.
2.4. Recipiente especial con válvula y embudo.
2.5. Bote o frasco de 2 l., aproximadamente.
2.6. Herramientas para practicar el hoyo, adecuadas al terreno de que se trate (paleta, cucharón, martillo, cincel, etc.).
2.7. Lona de aproximadamente 40 × 40 cm., con un agujero en el centro de unos 12 cm. de diámetro.
2.8. Tamiz de 3/4" (19 mm.), serie ASTM.
2.9. Arena de tamaño uniforme, limpia y seca.

3. PROCEDIMIENTO

- 3.1. Tarado del recipiente.
3.1.1. Parafinar todas las puntas del cuerpo del recipiente.
3.1.2. Pesar el recipiente parafinado.
3.1.3. Llenar de agua hasta la parte superior de la válvula.
3.1.4. Pesar el recipiente lleno de agua.
3.2. Excavación del hoyo.
3.2.1. Alisar la superficie del terreno donde se quiere hacer la determinación, en un círculo de aproximadamente 30 cm. de diámetro.
3.2.2. Poner la lona sobre la zona alisada, para poder recuperar el material que se caiga durante la excavación del hoyo.

- 3.2.3. Practicar un hoyo cilíndrico de aproximadamente 12 cm. de diámetro, y de 12 a 18 cm. de profundidad.
- 3.2.4. Retirar y guardar en un bote todo el material excavado.
- 3.2.5. Desecar el material extraído, poniéndolo en estufa a 105-110° C. hasta peso constante, y anotar su peso.
- 3.3. Medición del volumen del hoyo.
 - 3.3.1. Llenar el recipiente-embudo, bien limpio y seco, con la arena de tamaño uniforme, hasta la válvula. Esta operación deberá hacerse con cuidado de no mover o golpear el recipiente.
 - 3.3.2. Pesar el recipiente lleno de arena.
 - 3.3.3. Con la válvula cerrada, colocar el recipiente sobre el hoyo invertido y centrado.
 - 3.3.4. Abrir la válvula. La arena caerá desde la válvula hasta llenar el hoyo y el embudo.
 - 3.3.5. Cuando deje de caer arena, lo que se comprobará por la mirilla vertical del recipiente, cerrar la válvula.
 - 3.3.6. Pesar el recipiente con la arena sobrante.
 - 3.3.7. Colocar el recipiente invertido sobre una superficie plana, abrir la válvula y cerrarla cuando se haya llenado el embudo.
 - 3.3.8. Retirar el recipiente y pesar la arena que cabe en el embudo.
- 3.4. Modo de operar cuando hay partículas de tamaño superior a 3/4".
 - 3.4.1. Cuando en el suelo hay partículas superiores a 3/4", se opera en todo como se ha indicado, pero una vez seco el suelo en estufa, se separan por tamizado estas partículas, las cuales se lavan, secan, pesan, y se determina su peso específico según la correspondiente Norma NLT-114/58.

4. RESULTADOS

- 4.1. De la operación de tarado, obtener el peso de la arena y el agua que corresponden al volumen del recipiente; de estos datos calcular la densidad de la arena dividiendo el primero por el segundo.
- 4.2. La densidad «in situ» se obtiene dividiendo el peso de la tierra extraída seca por el volumen del hoyo. Este se calcula a partir de la densidad de la arena y del peso de la que cabe en el hoyo.
- 4.3. Cuando el suelo contiene partículas de tamaño superior a 3/4"; al calcular la densidad «in situ» se resta el peso y volumen de éstas, del peso y volumen del material total extraído. El peso de estas partículas se ha obtenido directamente y su volumen se calcula a partir de éste y su peso específico.

5. OBSERVACIONES

- 5.1. Apartado 2.9.—La arena que se emplee en este ensayo será de tamaño muy uniforme. Debe pasar toda por el tamiz núm. 10 (2 mm.) y quedar retenida en el núm. 40 (0,42 mm.). Es muy importante que esté bien seca y limpia. Sirve a este fin la «arena normal del Manzanares para morteros» utilizada en ensayos de morteros de cemento y que se puede adquirir ya tamizada. Su granulometría está prácticamente comprendida entre los tamices números 16 (1,19 mm.) y 30 (0,59 mm.). La arena ya utilizada sirve de nuevo siempre que haya seguridad de que no se ha ensuciado.

- 5.2. Apartado 3.2.—Debe efectuarse la excavación del hoyo con cuidado para evitar comprimir el suelo en sus paredes. Antes de rellenarlo con arena, deberá quitarse escrupulosamente todo el material suelto.
- 5.3. Apartado 3.3.—Durante las operaciones de llenado del recipiente y vaciado sobre el hoyo, debe cuidarse que no sufra el recipiente ningún golpe ni vibración, pues compactaría la arena arbitrariamente, haciendo variar notablemente los resultados.
- 5.4. Apartado 3.4.1.—El peso específico determinado para un ensayo se utiliza para los sucesivos mientras se realicen sobre suelos con el mismo tipo de piedra.
Si la proporción de piedra existente es muy pequeña, no será preciso utilizar un valor muy exacto del peso específico, ya que los errores que se introducirán serán despreciables.
- 5.5. Si el material grueso que se ha de retirar representa más de un 20 a un 30 % del total, los resultados de la densidad *in situ* y la máxima obtenida en el laboratorio, no son comparables.
En este caso, deberá hacerse el ensayo Proctor en un molde mayor (en las Normas correspondientes se indican las modificaciones al método general que deben hacerse) y utilizar el material que pasa por un tamiz de abertura suficiente, para que permita cumplir la Norma establecida del 20 al 30 % máximo de material a retirar. En el molde de 1 l. de capacidad, el tamaño máximo admisible es el de 3/4" y en el molde C. B. R. (2,318 l.) algo mayor.
Para poder comparar los resultados, es necesario separar la fracción con que se opera, utilizando el mismo tamiz para el ensayo de Proctor y el de densidad *in situ*.
- 5.6. Si el suelo contuviera piedras demasiado gruesas, es necesario practicar un hoyo de mayores dimensiones. Como orientación se da la siguiente tabla:

Tamaño máximo de la piedra (mm.)	Diámetro del hoyo (cm.)
6	10
40	15
70	20

La profundidad del hoyo debe ser igual o mayor que su diámetro, con objeto de diluir los posibles errores en el enrase con la arena.

Cuando el volumen del hoyo sea mayor que el del frasco, no se podrá utilizar éste. En su lugar, puede emplearse un recipiente cualquiera (una simple lata) de dimensiones ligeramente superiores a las del hoyo. Para determinar su volumen se pesa vacía y llena de agua y se restan los resultados.

Al echar la arena de la lata al agujero, debe hacerse de la misma forma seguida al llenar la lata para determinar la densidad de la arena. Con este fin suele llenarse la lata y el agujero por medio de un embudo, manteniendo su extremo a una distancia aproximadamente constante con respecto a la superficie de la arena.

Otra modificación al procedimiento general, en este caso, consiste en colocar en el lugar donde se va a realizar el ensayo, en vez de la lona citada en el Apartado 3.2.2, una tabla bien plana, de 30×30 cm., de 1 a 2 cm. de espesor y con un agujero central de diámetro aproximadamente igual al del hoyo que se va a practicar. El hoyo se hace coincidiendo con el agujero de la tabla y al verter la arena se enrasa sobre ésta. Para calcular el volumen del hoyo, se resta del total determinado por medio de la arena, el correspondiente al agujero de la tabla previamente calculado a partir de sus dimensiones.

- 5.7. Cuando los resultados se necesitan con urgencia, se procede en todo según el método general excepto que para obtener el peso del suelo seco, se determina la humedad por el método del alcohol o análogo.