

## Ensayo de compactación. Próctor normal

### 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

1.1 La presente norma tiene por objeto especificar el método para determinar, en un suelo, la relación entre la densidad seca y la humedad, para una energía de compactación de  $0,563 \text{ J/cm}^3$ , y definir la densidad seca máxima y su humedad correspondiente, denominada óptima, que se pueden conseguir en ese suelo en el laboratorio.

### 2 NORMAS PARA CONSULTA

NLT-101/72. Preparación de muestras para los ensayos de suelos.

NLT-102/91. Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.

NLT-108/91. Ensayo de compactación. Próctor modificado.

NLT-111/87. Ensayo C.B.R. en laboratorio.

### 3 FUNDAMENTO DEL METODO

3.1 El método está basado en la determinación de las densidades secas de varias probetas, compactadas en idénticas condiciones pero con contenidos de humedad diferentes. Para cada contenido de humedad se alcanza una determinada densidad, de manera que estos pares de valores, representados en coordenadas cartesianas, definen la relación buscada.

### 4 DEFINICIONES

4.1 Se define «humedad óptima» del suelo aquella con la que se consigue la máxima densidad seca, para la energía de compactación indicada en el apartado 1.

4.2 Se define como «densidad seca máxima Próctor Normal» del suelo, la que se obtiene para la «humedad óptima» con la energía de compactación especificada anteriormente.

### 5 APARATOS Y MATERIAL NECESARIO

5.1 Un molde cilíndrico de metal de  $1.000 \text{ cm}^3 \pm 9 \text{ cm}^3$  de capacidad,  $102 \text{ mm} \pm 0,4 \text{ mm}$

de diámetro interior y  $122,4 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$  de altura. Dispondrá de un collar del mismo diámetro y altura aproximada de  $60 \text{ mm}$ , para colocarlo en la parte superior del molde durante las operaciones de apisonado. El molde y el collar estarán contruidos de forma que puedan sujetarse firmemente a la base plana metálica desmontable (Figura 1). El molde podrá estar dividido longitudinalmente en dos mitades, o ser de una sola pieza.

5.2 Una maza metálica de  $2,5 \text{ kg} \pm 0,01 \text{ kg}$ , adaptada al interior de una guía tubular adecuada para que la altura de caída libre sea de  $305 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ . La maza puede ser manual, en cuyo caso deberá tener un diámetro de  $50 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$  y la guía disponer, como mínimo, de cuatro orificios de  $1 \text{ cm}$  de diámetro, espaciados  $90^\circ$  y a  $2 \text{ cm}$  de cada extremo, para facilitar la salida del aire. La separación entre maza y guía debe ser suficiente para que la caída sea libre. También se puede utilizar una maza automática que distribuya los golpes uniformemente sobre la superficie del material. En este caso, la superficie de contacto de la maza con el suelo podrá ser circular o tener forma de sector, pero conservando, en todo caso, la masa, altura de caída y la superficie de  $19,6 \pm 0,2 \text{ cm}^2$  (Nota 1).

**Nota 1.** La utilización de una maza diferente a la manual normalizada deberá hacerse constar en la hoja de resultados.

5.3 Una balanza de  $20 \text{ kg}$  de capacidad que aprecie  $1 \text{ g}$  y otra de  $1.000 \text{ g}$  de capacidad que aprecie  $0,1 \text{ g}$ .

5.4 Recipientes adecuados para la determinación de la humedad.

5.5 Una estufa de desecación con temperatura regulable hasta  $115^\circ \text{C}$ .

5.6 Una amasadora mecánica adecuada o instrumentos diversos para amasar manualmente (recipientes, guantes de goma, etc.).

5.7 Tamices,  $50$ ,  $20$  y  $5 \text{ mm}$  UNE 7 050.

5.8 Un enrasador metálico de borde recto, afilado y resistente, cuya longitud sea superior al diámetro del molde.

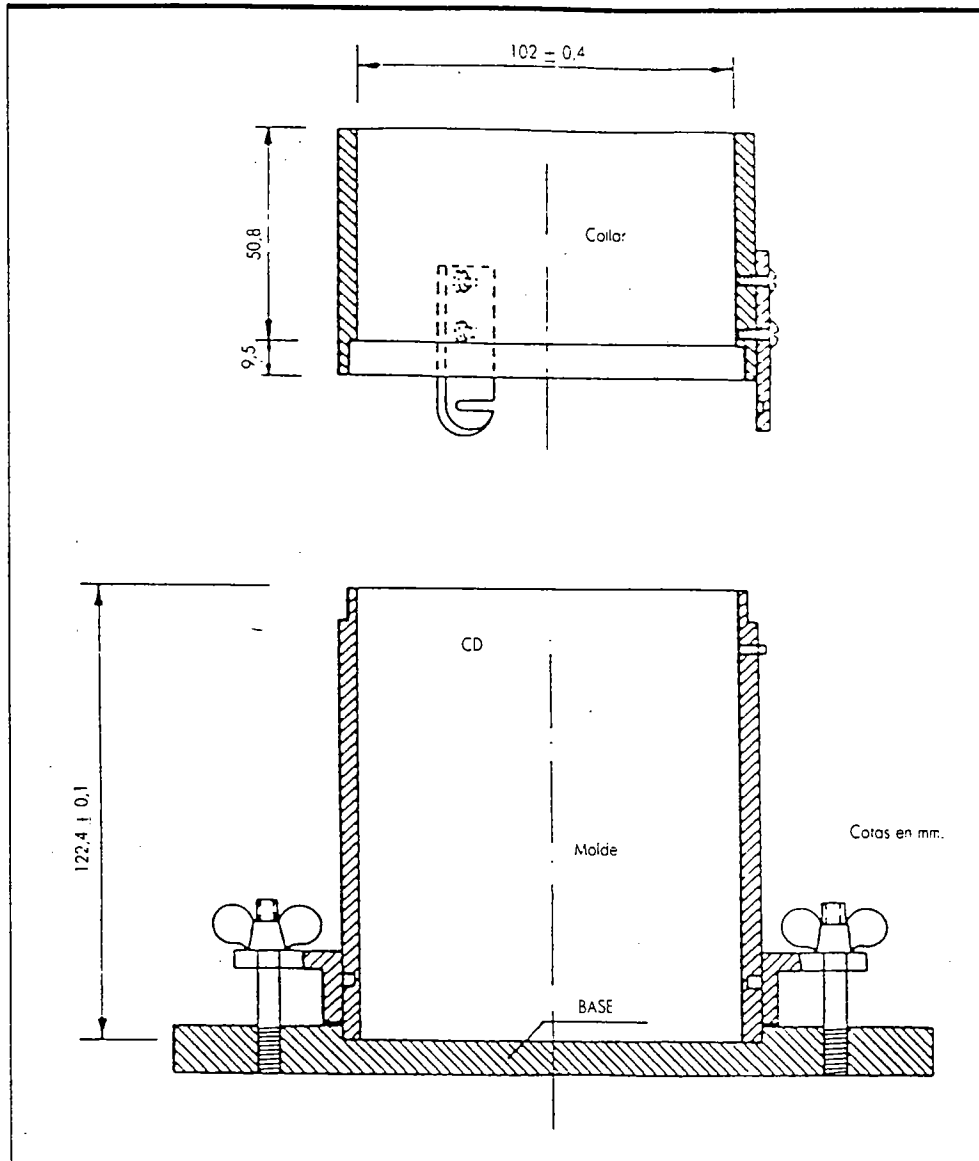


FIGURA 1. Molde Próctor.

5.9 Cuarteadores adecuados a los diámetros de las partículas del suelo a ensayar.

5.10 Un mazo de goma y una paleta.

5.11 Una probeta graduada.

5.12 Como elemento opcional, un extractor de muestras si se emplea un molde de una sola pieza.

## 6 PREPARACION DE LA MUESTRA

6.1 Si la muestra recibida está excesivamente húmeda, se extiende y se deja secar al aire o bien se procede a su secado en estufa o por aire caliente u otro procedimiento, tomando la precaución de que la

temperatura de la muestra no exceda de 60 °C. Una vez conseguido esto, se procede a desmenuzar el material, deshaciendo los terrones por medio del mazo de goma.

6.2 De la muestra seca y desmenuzada se separa por cuarteo la cantidad necesaria para disponer de unos 15 kg de material que pasa por el tamiz 20 mm UNE 7 050. Se determina la masa del material retenido en dicho tamiz y se calcula el tanto por ciento que representa respecto a la muestra tomada (Nota 2).

**Nota 2.** Si la fracción retenido en el tamiz 20 mm UNE 7 050 es superior al 30 por 100 de la masa total o contiene partículas de tamaño superior a 50 mm, este ensayo no es adecuado para el suelo en cuestión.

**6.3** El material inferior a dicho tamiz se cuartea en porciones aproximadamente iguales, de unos 2,5 kg.

**6.4** Si interesa mantener la misma proporción de gruesos que en la muestra original, como puede suceder si se va a realizar el ensayo C.B.R. con sustitución de material, se puede reemplazar el material retenido en el tamiz 20 mm UNE 7 050, por una cantidad igual de material comprendido entre los tamices 5 mm y 20 mm de la serie UNE 7 050, la cual se obtiene tamizando otra porción de la muestra original, siempre y cuando se respeten los límites especificados en la Nota 2.

## 7 PROCEDIMIENTO OPERATORIO

**7.1** Se determina la masa del molde con su base y sin el collar superior.

**7.2** Se toma una de las porciones de suelo y se mezcla con una determinada cantidad de agua hasta que quede íntima y uniformemente distribuida (Nota 3). Esta operación puede realizarse con amasadora mecánica o a mano, utilizando los guantes de goma.

**Nota 3.** Algunos suelos arcillosos presentan gran dificultad para mezclarse íntimamente con el agua de forma rápida. En estos casos puede ser conveniente añadir agua hasta obtener una humedad menor que la definitiva, hacer entonces un primer amasado y dejar la mezcla en reposo durante uno o dos días convenientemente protegida en la cámara húmeda. Transcurrido este período, añadirle el resto del agua y amasar convenientemente.

**7.3** Se llena el molde, con el collar colocado, en tres capas aproximadamente iguales, de forma que cada capa, después de compactada, quede con una altura ligeramente superior a un tercio de la altura del molde. La compactación de cada una de estas capas se realiza por medio de 26 golpes de la maza, distribuidos uniformemente (Nota 4). La última capa compactada debe entrar aproximadamente 1 cm en el collar superior (Nota 5).

**Nota 4.** Para la compactación debe colocarse el molde sobre una base suficientemente rígida para que no amortigüe los golpes.

**Nota 5.** También se puede utilizar el molde descrito en la norma PNE 103 501. Ensayo de Compactación. Próctor Modificado (152,4 mm de diámetro), o el del C.B.R. de la norma PNE 103 502, con el disco espaciador en el fondo a fin de respetar las dimensiones interiores solicitadas. En tal caso, para mantener la energía por unidad de volumen especificada, se compacta el suelo en tres capas, aplicando a cada una de ellas 60 golpes con la maza de 2,5 kg y una altura de caída de 305 mm.

**7.4** Terminada la compactación, se retira el collar y se enrasa cuidadosamente el suelo con el borde del molde.

**7.5** Se determina la masa del conjunto formado por el molde y el material compactado.

**7.6** Se extrae el suelo del molde, se parte verticalmente por el centro y se toma una muestra representativa, de masa no inferior a 100 g, para determinar la humedad.

**7.7** Se repite la operación con nuevas porciones de suelo, pero añadiendo cantidades de agua distintas en cada proceso de amasado (Nota 6), hasta obtener los puntos necesarios para determinar la curva que relaciona la densidad seca con la humedad (Nota 7).

**Nota 6.** Es posible la reutilización del material, es decir, emplear el mismo suelo para obtener varios puntos de la curva de compactación, excepto cuando las partículas sean frágiles o si se trata de arcilla muy plástica. Esta circunstancia deberá hacerse constar en el informe.

**Nota 7.** Generalmente, tres puntos en la rama ascendente y otros dos en la descendente son suficientes para definir la curva. No obstante, se prepara muestra para algún punto más por si fuere necesario. Suele ser recomendable comenzar por la determinación correspondiente a la humedad menor y continuar aumentando ésta con intervalos comprendidos entre el 1 y el 3 por 100 de humedad, según se trate de suelos arenosos o arcillosos.

## 8 OBTENCION Y EXPRESION DE LOS RESULTADOS

**8.1** Siguiendo la secuencia de operaciones señaladas en el impreso que se adjunta, se calcula la densidad seca y la humedad correspondiente a cada determinación efectuada.

**8.2** En un gráfico que tenga por abscisas los tantos por ciento de humedad y por ordenadas las densidades secas, se sitúan los puntos definidos por los valores calculados. Con estos puntos se dibuja una curva suave. Las coordenadas del máximo de esta curva definen la «densidad máxima» y la «humedad óptima» del ensayo (Nota 8).

**Nota 8.** Cuando se desea comparar los resultados de este ensayo con los de otros que incluyan el material grueso, es decir, el retenido por el tamiz 20 mm UNE 7 050, como puede suceder en el ensayo de densidad «in situ», se puede efectuar la corrección oportuna para tener en cuenta el efecto de dicho material grueso.

## 9 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

La presente norma se relaciona con:

NLT-107/76. Apisonado Próctor.

UNE 7 255 79. Ensayo de apisonado de suelos por el método Próctor normal.

ASTM D 698 78. Moisture-density relations of soils and soil-aggregate mixtures using 5,5 lb (2,49 kg) rammer and 12-in (305 mm) drop.

BS 1377:1975. Determination of the dry density-moisture content relationship (2,5 kg rammer method).

ENSAYO PROCTOR { NORMAL  
MÓDIFICADO

Molde \_\_\_\_\_ N.º de capas: \_\_\_\_\_ Material utilizado: \_\_\_\_\_

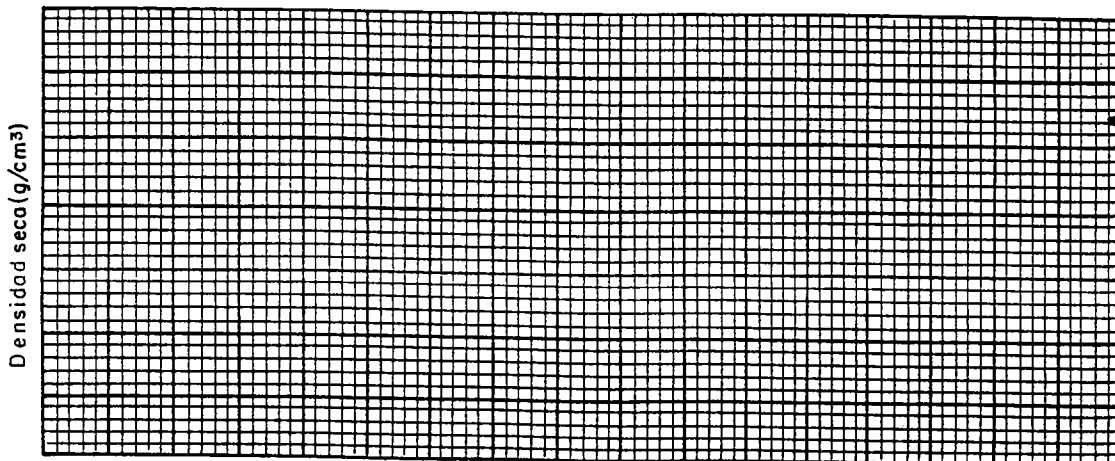
Maza: \_\_\_\_\_ N.º de golpes por capa: \_\_\_\_\_ % de material no utilizado: \_\_\_\_\_

Altura de caída: \_\_\_\_\_ Peso específico del material grueso: \_\_\_\_\_

	—	Punto n.º						
	—	% agua añadida						
Densidad	t + s + a	Molde + suelo + agua						
	t	Molde						
	s + a = (t + s + a) - t	Suelo + agua						
	$s = \frac{(s+a)100}{100+w}$	Suelo						
	$\rho = \frac{s}{V}$	Densidad						
Humedad	—	Referencia tara						
	t + s + a	Tara + suelo + agua						
	t + s	Tara + suelo						
	t	Tara						
	s = (t + s) - t	Suelo						
	a = (t + s + a) - (t + s)	Agua						
	$w = \frac{a}{s} \times 100$	Humedad %						

DENSIDAD MAXIMA

HUMEDAD OPTIMA



Descripción del suelo y observaciones \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_