

## Apisonado Próctor

### 1 OBJETO

1.1 El ensayo de apisonado Próctor tiene por objeto determinar en un suelo la relación entre la humedad y la densidad seca obtenida cuando es compactado en las condiciones establecidas en esta norma.

### 2 APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

2.1 Un molde cilíndrico de metal, con su base y collar (Figuras 1 y 2). El molde puede ser de una pieza, como el de las figuras, o partido longitudinalmente para desmoldar con mayor facilidad. De

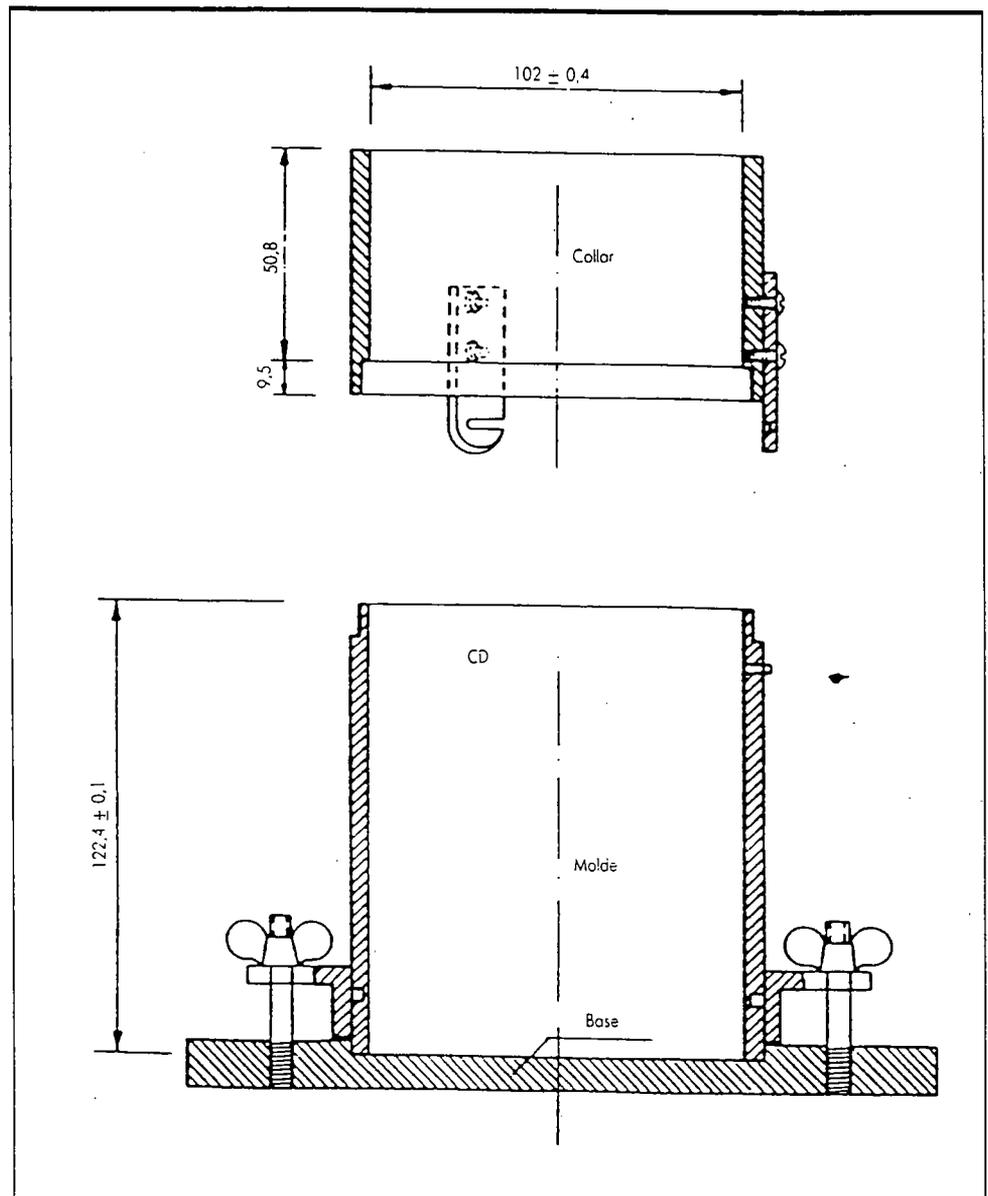


FIGURA 1. (Medidas en milímetros).

acuerdo con sus dimensiones el molde podrá ser de dos tipos:

Molde A, de  $1.000 \pm 9 \text{ cm}^3$  de capacidad,  $102 \pm 0,4 \text{ mm}$  de diámetro interior y  $122,4 \pm 0,1 \text{ mm}$  de altura (Figura 1).

Molde B, de  $2.320 \pm 24 \text{ cm}^3$  de capacidad,  $152,5 \pm 0,7 \text{ mm}$  de diámetro interior y  $127 \pm 0,1 \text{ mm}$  de altura (Figura 2).

2.2 Una maza metálica de base circular de  $2,50 \pm 0,01 \text{ kg}$  adaptada al interior de una guía tubular adecuada para que su altura de caída libre sea de  $305 \pm 2 \text{ mm}$ . La base de la maza tendrá un diámetro de  $50 \pm 0,2 \text{ mm}$ . La guía debe tener a dos centímetros de cada extremo, 4 orificios de 1 cm de diámetro, espaciados  $90^\circ$ , para facilitar la entrada o salida del aire. La separación entre maza y guía debe ser la suficiente para que la caída sea libre.

También se puede utilizar una maza automática que distribuya los golpes uniformemente sobre la superficie del material. Sin embargo, sólo se considerarán aceptables aquellos modelos con los que se haya comprobado experimentalmente que los resultados obtenidos son los mismos, a los efectos prácticos perseguidos, que con la maza manual. La utilización de una maza diferente a la manual normalizada deberá hacerse constar en la hoja de resultados.

2.3 Una balanza de unos 20 kg y otra de unos 1.000 g de capacidad, cuyo error en la pesada sea inferior a 1 g y 0,1 g respectivamente.

2.4 Recipientes adecuados para la determinación de humedad, como se indica en el apartado 2.3 de la norma NLT-102/91.

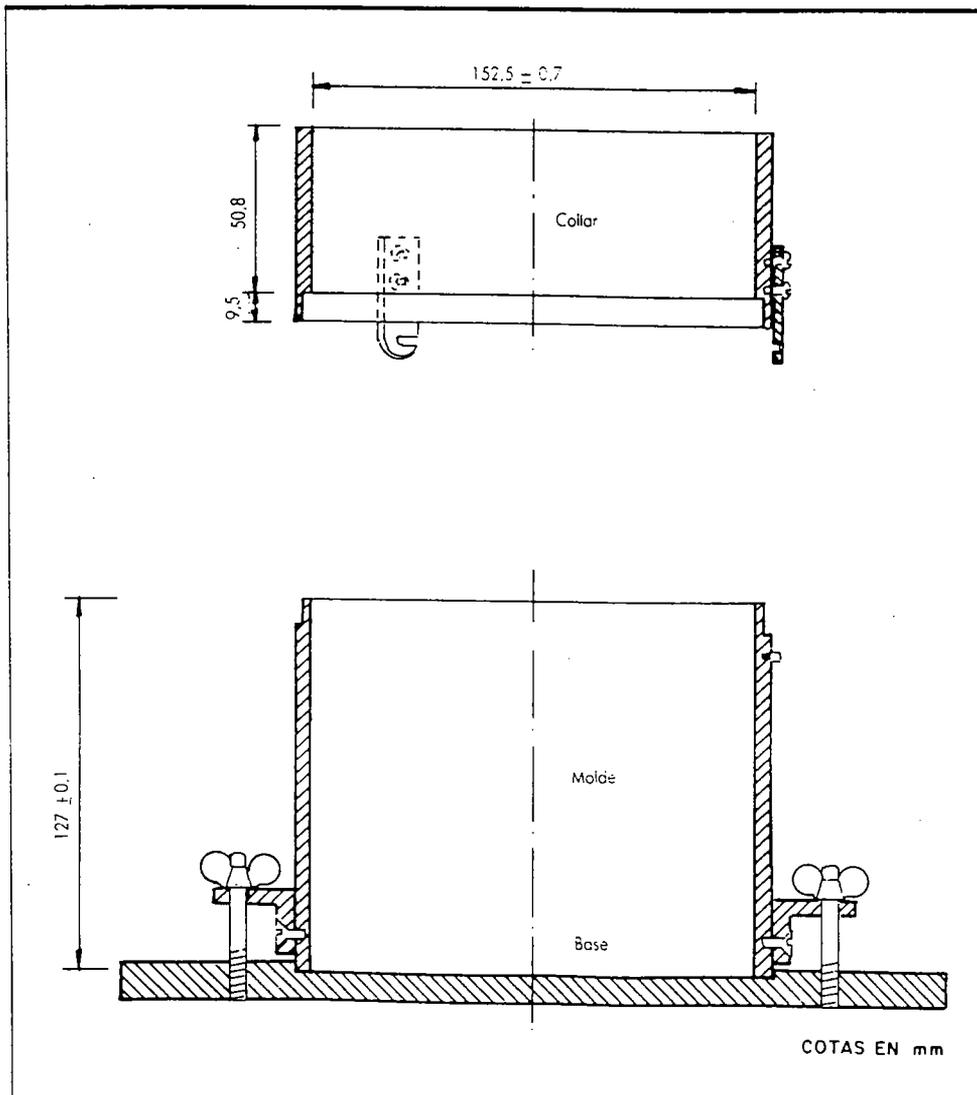


FIGURA 2. (Medidas en milímetros).

2.5 Una estufa de desecación regulable a 105-110 °C.

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

2.7 Tamices 50, 20 y 5 mm UNE 7050.

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

2.9 Un cuarteador.

2.10 Un mazo de goma y una paleta.

2.11 Una probeta graduada.

2.12 Un extractor de muestras si se emplea el molde de una sola pieza (opcional).

### 3 PREPARACION DE LA MUESTRA

3.1 Se obtiene la fracción del suelo que pasa por el tamiz 20 UNE, operando como se indica en la norma NLT-101/72 y particularmente en su apartado 3.4.4. Se pesa el material retenido en dicho tamiz y se determina el tanto por ciento que representa respecto al peso total de la muestra.

3.2 Se cuarteo la fracción obtenida en porciones aproximadamente iguales (de unos 2,5 kg. en el caso de molde A, o de unos 5,5 kg en el caso de molde B), para aplicar el procedimiento que a continuación se detalla.

### 4 PROCEDIMIENTO

4.1 Se tara el molde con su base y sin el collar superior.

4.2 Se toma una de las porciones del suelo obtenidas según 3.2, y se mezcla con el agua que se estime necesaria (véase apartado 6.5), hasta que quede íntima y uniformemente distribuida.

4.3 El suelo así preparado se compacta en el molde, con el collar colocado, y en tres capas aproximadamente iguales. Para ello se aplicarán 26 golpes a cada capa, en el caso de molde A, ó 60 en el caso de molde B, distribuidos uniformemente sobre la superficie, con la maza y altura de caída indicados en el apartado 2.2, y a un ritmo constante de 1,5 segundos por golpe aproximadamente. La última capa compactada deberá sobrepasar el borde del molde, pero sin penetrar en el collar más de 1 cm.

Durante la compactación debe colocarse el molde sobre una base que proporcione un apoyo uniforme y con rigidez suficiente para que no amortigüe excesivamente los golpes. (Por ejemplo, un bloque de hormigón de unos 100 kg). La guía de la maza se ha de mantener vertical, y ésta debe caer con velocidad inicial nula, para lo cual se ha de evitar que rebote contra el extremo superior de la guía.

4.4 Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa cuidadosamente el suelo con el borde del molde.

4.5 Se pesa el conjunto del molde y suelo compactado.

4.6 Se extrae el material del molde, se divide en dos partes por el eje del cilindro, y se toma una muestra representativa para determinar la humedad, según la norma NLT-102/91. La cantidad mínima de muestra será de 100 g o más, como se especifica en la citada norma, según el tamaño máximo de las partículas.

4.7 Se repiten las operaciones anteriores con nuevas porciones de material de las obtenidas en 3.2, utilizando diferentes proporciones de agua, hasta obtener los puntos necesarios para determinar la curva que relaciona la densidad seca con la humedad (véase apartado 6.6).

### 5 RESULTADOS

5.1 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. 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 Próctor.

### 6 OBSERVACIONES

6.1 Apartado 2.1. Puede emplearse, en sustitución del molde tipo B, un molde como el del ensayo CBR, de mayor altura, provisto de un disco en el fondo para respetar las dimensiones interiores indicadas.

6.2 En este ensayo, la energía de compactación por unidad de volumen que se aplica es de 0,583 J/cm<sup>3</sup>, para un valor normal de la aceleración de la gravedad.

**6.3** Si la fracción retenida en el tamiz 20 mm UNE 7050 es superior al 30 % de la masa total o tuviera partículas superiores a 50 mm, este ensayo no es adecuado para este suelo.

**6.4** Apartado 3.2. Se puede admitir la reutilización del material, es decir, emplear el mismo suelo para obtener varios puntos de la curva de compactación, excepto cuando esta circunstancia pueda alterar los resultados obtenidos, como es el caso en que las partículas son frágiles, o si se trata de arcillas muy plásticas. Si se reutiliza el material, deberá hacerse constar en el informe.

**6.5** Apartado 4.2. 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; se hace entonces un primer amasado y se deja la mezcla en reposo durante uno o dos días convenientemente protegida contra la desecación; después de este período se

añade el resto del agua y se amasa de nuevo hasta que quede íntima y uniformemente distribuida.

**6.6** Apartados 4.2 y 4.7. 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 fuera 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% de humedad, según se trate de suelos arenosos o arcillosos. Cuando al aumentar el contenido de agua de un punto al siguiente, decrece o se mantiene el peso húmedo del suelo, se sabe que se está trabajando en la rama descendente de la curva de densidades secas.

## **7 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS**

NLT-107/76.  
UNE 7255-79  
ASTM D-698.  
BS 1377.

---

ENSAYO PROCTOR { NORMAL  
MODIFICADO

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

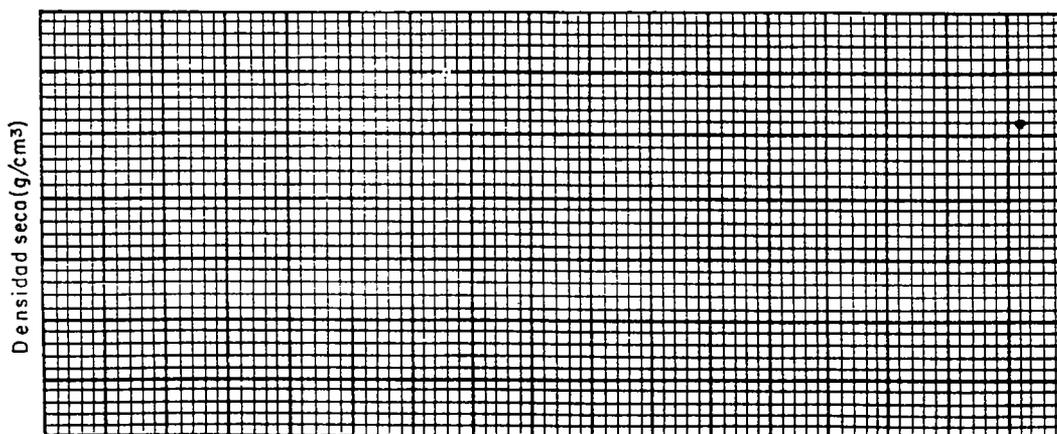
Maza: \_\_\_\_\_ N.º de golpes por capa: \_\_\_\_\_ % de material no utilizado: \_\_\_\_\_

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

Densidad	—	Punto n.º						
	—	% agua añadida						
	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



Humedad %

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

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_