

Densidad aparente y huecos en áridos

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

1.1 Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse para determinar la densidad de los áridos finos, gruesos o de la mezcla de ambos y de huecos por unidad de volumen aparente del material. El procedimiento de ensayo tiene aplicación en áridos para construcción de carreteras cuyo tamaño máximo nominal no exceda de 150 mm.

1.2 El método de ensayo se utiliza para determinar los valores de la densidad aparente que son necesarios para algunos procedimientos de dosificación de mezclas bituminosas o de hormigones hidráulicos así como en las relaciones masa/volumen de los materiales considerados.

1.3 La norma refiere tres procedimientos, que se utilizan, optativamente, para determinar la densidad aparente con o sin compactación del material.

1.4 Se define la densidad aparente del material como el cociente entre la masa seca del mismo y el volumen que ocupa, calculado este último de acuerdo con la técnica que se describe.

1.5 Los huecos, por unidad de volumen de áridos es, de acuerdo con esta norma, el espacio **entre** las partículas de la masa del árido no ocupado por materia mineral sólida. Los huecos **dentro** de las partículas del árido, tanto permeables como impermeables, no se incluyen como huecos tal como se determinan y consideran en esta norma.

2 APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

2.1 Balanza. Una balanza con sensibilidad del 0,1 %, respecto de la masa de la muestra de ensayo, en todo el campo de medida de la misma. La lectura será de al menos 50 g. La capacidad será suficiente para medidas de masa desde la del recipiente utilizado vacío hasta la de éste lleno con la muestra.

2.2 Varilla para compactar, recta, de acero, de 16 ± 1 mm de diámetro y de 600 mm de longitud, aproximadamente; uno de sus extremos será semiesférico con diámetro igual al de la varilla.

2.3 Recipientes, metálicos, cilíndricos, provistos de asas. Serán estancos, con los bordes superior e inferior paralelos y planos, preferiblemente mecanizados

y con rigidez suficiente para conservar su forma aun sometidos a un trato duro. El borde superior estará pulido y plano con una precisión de 0,25 mm y será paralelo respecto al fondo con una tolerancia no mayor de 0,5 grados (Nota 1). Los recipientes tendrán una altura aproximadamente igual que su diámetro, pero en ningún caso aquélla será menor que el 80 % ni mayor que el 150 % del diámetro. La capacidad de los recipientes estará conforme con lo que se especifica en la Tabla 1, de acuerdo con el tamaño nominal del árido para ensayo. Asimismo, los espesores de metal utilizado en la confección de los recipientes serán los que se refieren en la Tabla 2, y la pared interior será continua y lisa.

Nota 1. El borde superior se considerará satisfactoriamente plano si una galga de 0,25 mm no se puede introducir entre dicho borde y una placa de vidrio de 6 mm o más de gruesa colocada sobre el recipiente. El borde y el fondo se considerarán suficientemente paralelos si la pendiente formada por dos placas de vidrio situadas en contacto con el borde superior una y con el fondo del recipiente la otra, no excede del 0,87 % en cualquier dirección.

2.4 Pala o paleta, de forma y tamaño conveniente para el llenado de los recipientes con el árido muestra para ensayo.

2.5 Equipo de calibración. Una placa de vidrio o de material rígido transparente, con dimensiones de 6 mm o más de espesor y un diámetro de unos 25 mm mayor que el diámetro del recipiente que se vaya a calibrar.

Tamaño máximo nominal del árido (mm)	Capacidad del recipiente de ensayo (*) L (m ³)
12,5	2,8 (0,0028)
25,0	9,3 (0,0093)
40,0	14,0 (0,014)
80,0	30,0 (0,030)
100,0	55,0 (0,055)
125,0	80,0 (0,080)
150,0	100,0 (0,100)

* Las capacidades indicadas se utilizarán con áridos de tamaño máximo nominal igual o inferior que los reseñados. El volumen real del recipiente no será inferior al 95 % del volumen nominal especificado.

TABLA 1. Capacidad de los recipientes para ensayo.

Capacidad del recipiente (litros)	Espesor mínimo de la chapa metálica del recipiente (mm)		
	Fondo	40 mm superiores de la pared (*)	Resto pared
< 11	5,0	2,5	2,5
11 a 42	5,0	5,0	3,0
> 42 a 80	10,0	6,4	3,8
> 80 a 100	13,0	7,6	5,0

* El espesor adicional en la zona superior de la pared del recipiente se puede obtener pegando una banda de refuerzo alrededor de tal zona.

TABLA 2. Espesor de la chapa metálica del recipiente.

3 TOMA DE MUESTRA, MUESTRA PARA ENSAYO Y PREPARACION

3.1 La toma de muestra se realiza de acuerdo con lo que se prescribe en la norma NLT-148. La muestra para ensayo será, aproximadamente, un 125 a 200 % la cantidad en masa requerida para llenar el oportuno recipiente. Se manipulará con cuidado para evitar segregaciones.

3.2 La muestra para ensayo se seca hasta masa constante en una estufa regulada a 110 ± 5 °C.

4 CALIBRADO DE LOS RECIPIENTES

4.1 Se llena el recipiente en cuestión con agua a temperatura ambiente; una vez lleno se cubre el recipiente con la placa de vidrio adecuada de tal forma que se elimine el agua en exceso y las burbujas de aire que pudieran quedar adheridas a la placa.

4.2 Se determina la masa de agua en el recipiente utilizando la balanza descrita en 2.1.

4.3 Se mide la temperatura del agua y se determina su densidad a partir de los datos que se muestran en la Tabla 3, interpolando si es necesario.

Temperatura °C	Densidad kg/m ³
15,6	999,01
18,3	998,54
21,1	997,97
23,0	997,54
23,9	997,32
26,7	996,59
29,4	995,83

TABLA 3. Densidad del agua vs temperatura.

4.4 Se calcula el volumen, V , del recipiente dividiendo la masa del agua requerida para su llenado por su densidad (de acuerdo con los datos de la Tabla 3). Por otra parte, se calcula el «factor del recipiente» ($1/V$) dividiendo la densidad del agua por la masa requerida para su llenado.

Nota 2. En el cálculo de la densidad aparente de los áridos, el volumen del recipiente debe expresarse en metros cúbicos, o el factor en $1/m^3$. Sin embargo, por razones prácticas se puede expresar esta medida en litros (l).

4.5 Los recipientes deben calibrarse al menos una vez al año o cuando surja sospecha de la fiabilidad de su precisión.

Nota 3. También se puede determinar el volumen, midiendo sus dimensiones o por medio de un material de densidad conocida como, por ejemplo, arena uniforme, análoga a la que se emplea en la determinación de densidad «in situ», u otro material de características similares.

5 ELECCION DEL PROCEDIMIENTO

5.1 El procedimiento de la pala para la determinación de la densidad aparente del material sin compactar o en estado suelto, se utiliza solamente si así lo estipula la especificación aplicable. Por tanto, el procedimiento de densidad aparente del material compactado es el que se adopta en general utilizando el método de la varilla si los áridos presentan tamaños máximos nominales de hasta 40 mm, o el método de asentamiento si el tamaño máximo nominal del árido es mayor de 40 mm sin exceder de 150 mm.

6 PROCEDIMIENTO DE COMPACTACION CON VARILLA

6.1 Este procedimiento se aplica a las muestras de áridos con tamaños máximos nominales de hasta 40 mm.

6.2 Se llena el recipiente, con el árido hasta un tercio de su altura, y se nivela la superficie con los de-

dos. Con la varilla se efectúan 25 golpes sobre la capa del árido, distribuyéndolos proporcionalmente sobre la superficie del mismo. A continuación, se llena el recipiente hasta dos tercios de su altura y se repite el proceso de nivelación y compactación antes referido. Finalmente se llena el recipiente hasta rebosar y se vuelve a compactar de la manera ya indicada. Se nivela la superficie de los áridos con una varilla o con los dedos de tal suerte que se compensen los salientes, con respecto al plano del borde superior del molde, de las partículas más gruesas del árido, con las oquedades que queden por debajo de dicho plano.

6.3 Cuando se compacte la primera capa del árido se evitará que la varilla golpee con fuerza sobre el fondo del recipiente. Al compactar la segunda y tercera capas, se hace con fuerza suficiente para que la varilla llegue hasta la capa anterior, primera y segunda, respectivamente, pero sin penetrarla.

Nota 4. Con áridos de mayor tamaño puede resultar bastante difícil penetrar la varilla a través de la capa para compactar, especialmente si estos áridos presentan angulosidad fuerte. En estos casos se proporcionará un esfuerzo más vigoroso a la varilla para conseguir el fin propuesto.

6.4 Se determina, en la balanza, la masa del recipiente con su contenido, M , y la del recipiente vacío, T . Se anotan estas masas con aproximación a $\pm 0,05$ kg (± 50 g).

7 PROCEDIMIENTO DE COMPACTACION POR ASENTAMIENTO

7.1 Este procedimiento se aplica a las muestras de áridos con tamaños máximos nominales comprendidos entre 40 y 150 mm.

7.2 Se llena el recipiente con el árido en tres capas de aproximadamente igual espesor de la misma manera a como se ha descrito en 6.2, pero realizando la compactación de cada capa situando el recipiente con la muestra sobre una base firme como, por ejemplo, un pavimento de hormigón hidráulico y levantando, alternativamente, dos lados opuestos del recipiente unos 50 mm de la base y dejándolo caer libremente de tal forma que golpee brusca y secamente contra la base. Las partículas del árido, de esta manera, se acomodan entre sí en un estado de mayor compacidad. Cada capa se compacta dejando caer el recipiente 50 veces de la forma que se ha referido (25 veces de cada lado). Se nivela la superficie de los áridos con los dedos o con una regla procurando que los resaltos de las partículas del árido por encima del borde del recipiente queden compensados con los huecos mayores que queden por debajo de dicho borde.

7.3 Se determina, en la balanza, la masa del recipiente con su contenido, M , y la del recipiente vacío, T . Se anotan estas masas con aproximación a $\pm 0,05$ kg (± 50 g).

8 PROCEDIMIENTO EN ESTADO SUELTO O DE LA PALA

8.1 Este procedimiento se utiliza para áridos con partículas de hasta 150 mm de tamaño máximo nominal.

8.2 Se llena el recipiente hasta rebosar con el árido muestra, utilizando una pala o cuchara, transfiriendo el material desde la pala o cuchara mantenida a una altura no mayor a 50 mm del borde superior del recipiente. Se evitará, en lo posible, la segregación entre los diferentes tamaños de partículas que forman la muestra. Se nivela la superficie de los áridos con los dedos o una regla de forma que, con respecto al plano definido por el borde superior del recipiente, queden compensados los resaltos de partículas de áridos por encima del plano y los huecos vacíos que queden por debajo de dicho plano.

8.3 Se determina, en la balanza, la masa del recipiente con su contenido, M , y la del recipiente vacío, T . Se anotan estas masas con aproximación de $\pm 0,050$ kg (± 50 g).

9 CALCULOS

9.1 Se calcula la densidad aparente de los áridos determinada por cualquiera de los procedimientos descritos en esta norma, mediante la expresión:

$$D = (M - T)/V$$

o con

$$D (M - T) \cdot F$$

donde:

- D densidad aparente del árido, kg/m³
- M masa del recipiente con el árido, kg
- T masa del recipiente, kg
- V volumen del recipiente, m³
- F factor del recipiente, m⁻³

9.2 La densidad aparente determinada por este método de ensayo es para árido secado en estufa. Si se desea la densidad aparente en condiciones de árido saturado superficie seca (sss), se sigue el procedimiento que se describe en esta norma y se calcula la densidad aparente sss, utilizando la siguiente fórmula:

$$D_{sss} = D [1 + (A/100)]$$

donde:

D_{sss} = densidad aparente del árido, superficie saturada seca, kg/m^3

D densidad aparente del árido (según 9.1), kg/m^3

A absorción, % determinado de acuerdo con las normas NLT-153 o NLT-154

9.3 Huecos. Se calcula el porcentaje de huecos en el árido a partir de la densidad aparente, determinada por cualquiera de los procedimientos descritos en esta norma, con la siguiente expresión:

$$\text{Huecos, \%} = 100 [(d_{ra} \cdot P) - D] / (d_{ra} \cdot P)$$

donde:

d_{ra} = densidad relativa aparente, definida y determinada como en NLT-153 o NLT-154

P = densidad del agua, 998 kg/m^3 , para $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (ver Tabla 3), y

D densidad aparente árido (según 9.1), kg/m^3

10 RESULTADO

10.1 El resultado del ensayo de densidad aparente del árido se expresará con aproximación de $\pm 10 \text{ kg/m}^3$, precisando el procedimiento utilizado, varilla, asentamiento o caída libre.

10.2 El resultado del contenido o porcentaje de huecos del árido se expresará con aproximación de $\pm 1 \%$, precisando el procedimiento utilizado en la acomodación del árido en el molde, varilla, asentamiento o caída libre.

11 PRECISION

11.1 Densidad aparente

	Desv. típica 1S kg/m^3	D 2S kg/m^3
Arido grueso:		
Repetibilidad	14	40
Reproducibilidad	30	85
Arido fino:		
Repetibilidad	14	40
Reproducibilidad	44	125

11.2 No es factible el parámetro de precisión para el contenido de huecos calculado de acuerdo con esta norma, puesto que dicho cálculo se realiza con los datos de la densidad aparente del árido y de la densidad relativa aparente del mismo (según NLT-153 o NLT-154) y éstos tienen ya establecidos sus pertinentes límites en las correspondientes normas.

12 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

ASTM C 29-91 «Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate».

AASHTO T 19-91 «Intering Method of Test for Unit Weight and Voids in Aggregate».

BS 812: Part 2: 1975 «Method for the determination of bulk density, and calculation of voids and bulking of aggregate».

13 NORMAS PARA CONSULTA

NLT-148 «Toma de muestras de roca, escorias, grava, arena, polvo mineral y bloques de piedra empleados como materiales de construcción de carreteras».

NLT-153 «Densidad relativa y absorción de áridos gruesos».

NLT-154 «Densidad relativa y absorción de áridos finos».