

## Densidad y densidad relativa de los materiales bituminosos

### 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

1.1 Esta norma describe los procedimientos que deben seguirse para la determinación de la densidad y densidad relativa de los materiales bituminosos de consistencia sólida, semisólida o líquida. El método no es aplicable a los materiales líquidos de alta volatilidad.

1.2 **Densidad.** Se define la densidad como la masa de la unidad de volumen de una sustancia. El resultado deberá indicar las unidades de masa y volumen utilizadas, así como la temperatura a la que se ha realizado la determinación. La temperatura normalizada de ensayo es la de 25 °C, aunque pueden emplearse otras temperaturas, siempre que se hayan determinado las calibraciones y correcciones correspondientes.

1.3 **Densidad relativa.** Se define la densidad relativa como la relación entre la masa de un volumen dado de material a la temperatura  $t_1$  y la masa de un volumen igual de agua pura a la temperatura  $t_2$ , o lo que es lo mismo, la relación entre la densidad del material a  $t_1$  y la densidad del agua a  $t_2$ . El resultado deberá ir acompañado de las temperaturas  $t_1$  y  $t_2$ , como por ejemplo, «densidad relativa 25/25 °C». La temperatura normalizada de ensayo es la de 25 °C para ambos valores  $t_1$  y  $t_2$ , aunque pueden emplearse otras temperaturas, siempre que se hayan determinado las calibraciones y correcciones correspondientes.

1.4 El procedimiento general de ensayo, aplicable, a los materiales líquidos, semisólidos y sólidos, está basado en la determinación de la densidad relativa mediante el picnómetro, obtenida comparando las masas de volúmenes iguales de material y agua a la misma temperatura,  $t$ ; si ésta no se especifica, se entenderá la temperatura normalizada de 25 °C. La densidad de a la temperatura  $t$ , se calcula a partir de la densidad relativa  $t/t$  °C anterior y de la densidad del agua a esa temperatura, según la tabla 1. Cuando las temperaturas  $t_1$  y  $t_2$  no son iguales ( $t_1 \neq t_2$ ), la densidad relativa se obtiene dividiendo la densidad del material a la temperatura  $t_1$  por la densidad del agua a la temperatura  $t_2$ .

1.5 Para materiales de consistencia sólida, como betunes asfálticos y breas duras de alquitrán con

puntos de reblandecimiento anillo y bola superior a 70 °C, puede seguirse un procedimiento alternativo para determinación de la densidad, denominado «Método del desplazamiento».

### METODO DEL PICNOMETRO

#### 2 APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

2.1 **Picnómetro.** Es un recipiente de vidrio de forma cilíndrica o cónica, con boca esmerilada en la que debe ajustar exactamente y sin pérdidas un tapón de vidrio de 22 a 26 mm de diámetro, en el centro del cual llevará un orificio de 1,0 a 2,0 mm de diámetro. La superficie superior del tapón será plana y pulida y la inferior tendrá forma cóncava, para facilitar la expulsión del aire del picnómetro, el cual tendrá una masa, incluida el tapón, no superior a 40 g. En la figura 1 se incluyen algunos modelos de picnómetros adecuados.

2.2 La figura 1 a) detalla la forma y dimensiones del picnómetro conocido como de Gay-Lussac, apropiado para líquidos no volátiles, excepto los de alta viscosidad; su capacidad será de 10 a 25 ml.

2.3 Las figuras 1 b) y c) detallan la forma y dimensiones de los picnómetros de boca ancha denominados de Hubbard, adecuados para líquidos viscosos y materiales semisólidos y sólidos; su capacidad será de 24 a 30 ml y una altura de la sección cóncava de 4,0 a 6,0 mm en su centro.

2.4 **Baño de agua.** Un baño de agua provisto de termostato que pueda regular la temperatura del ensayo con una precisión de  $\pm 0,1$  °C.

2.5 **Termómetro.** Un termómetro con las siguientes características:

REFERENCIA ASTM	ESCALA °C	GRADUACION °C	LONG. TOTAL mm	ERROR MAX. °C
63 C	-8 a 32	0,1	379	0,1

Puede utilizarse también un termómetro conforme con la Especificación ISO/R 653/STL/0,1/-5 + 25,

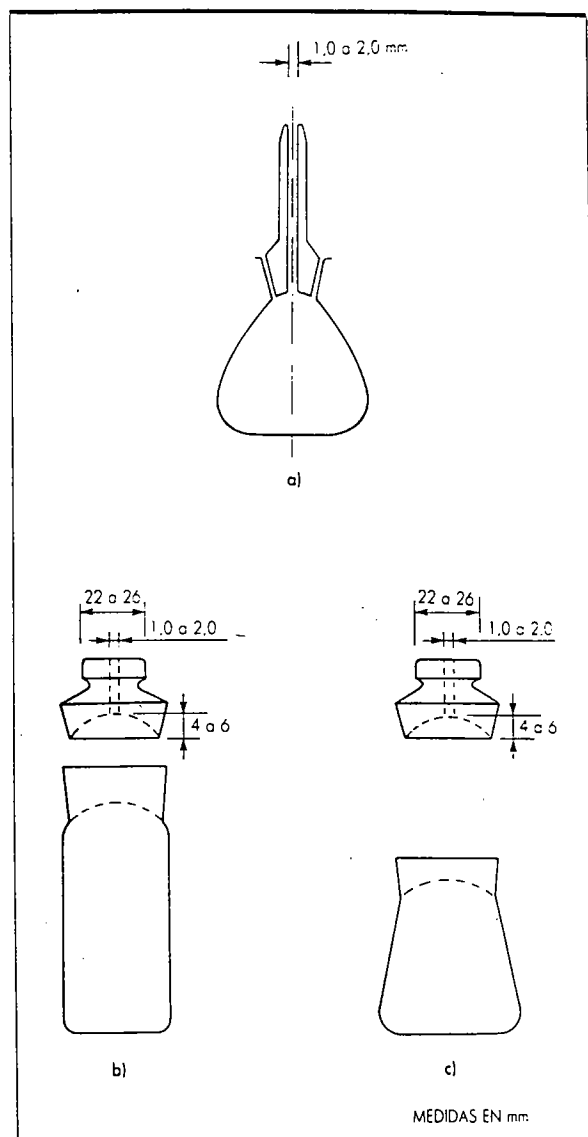


FIGURA 1. Picnómetros.

u otro termómetro cualquiera de inmersión total y con el intervalo y precisión mínimas adecuados (Nota 1).

**Nota 1.** Para la calibración de los termómetros, puede consultarse la ASTM E 77 o la ISO 386.

**2.6 Vaso de vidrio.** De forma baja y 600 ml de capacidad.

**2.7 Balanza.** Con una capacidad mínima de 150 g y una precisión de  $\pm 0,1$  mg.

**2.8 Soporte del picnómetro.** Puede ser ventajoso disponer de soportes adecuados que mantengan los picnómetros verticalmente y a la profundidad correcta.

**2.9 Agua destilada o desionizada.** Para el llenado del picnómetro y del vaso, se dispondrá de agua desionizada o agua destilada recién hervida y enfriada.

**2.10 Acetona.**

**2.11 Líquido de limpieza.** Para la limpieza completa de los picnómetros se deberá utilizar cualquier producto detergente que la experiencia haya demostrado adecuado, no recomendándose el empleo de la mezcla crómica por los riesgos que implica su utilización.

### 3 PROCEDIMIENTO

#### 3.1 Preparación del ensayo

**3.1.1** Se llena el vaso de vidrio con agua preparada según el apartado 2.9 hasta un nivel que, sumergido el picnómetro, su parte superior diste más de 40 mm de la superficie.

**3.1.2** Una vez ajustada la temperatura del baño a la del ensayo con la precisión de  $\pm 0,1$  °C, se sumerge parcialmente el vaso en el baño, debiendo quedar su boca por encima de la superficie y su fondo a una profundidad no menor de 100 mm, sujetándolo firmemente en esta posición.

#### 3.2 Calibración del picnómetro

**3.2.1** Se limpia perfectamente el picnómetro y su tapón con el líquido de limpieza, enjuagándolo a continuación con agua destilada, después con acetona y secándolo finalmente, utilizando si fuera preciso una corriente filtrada de aire. Esta operación de limpieza debe realizarse antes de cada calibrado, o bien cuando se observe cualquier fallo de escurrimiento uniforme de los líquidos, bien en las paredes interiores del picnómetro o en el capilar del tapón. Normalmente suele ser suficiente limpiar bien el picnómetro entre cada determinación con algún disolvente adecuado, como éter de petróleo, seguido de un secado al vacío.

**3.2.2** Después de secado, se deja que el picnómetro alcance la temperatura ambiente y se pesa con aproximación de 0,1 mg. Se designa la masa del picnómetro vacío por  $m_1$  (Nota 2).

**Nota 2.** Es aconsejable comparar las masas del picnómetro vacío determinadas sucesivamente en 3.2.2, 3.3.3 y 3.4.3; si se observaran desviaciones apreciables entre ellos, habría que proceder a un nuevo calibrado o comprobar su limpieza. Se recomienda volver a calibrar un picnómetro después de un año de uso, y siempre que se observen cambios sustanciales en su masa.

**3.2.3** Se saca el vaso del baño y se llena el picnómetro con agua destilada o desionizada, colocando

suavemente el tapón, sin apretarlo. Se sumerge completamente el picnómetro en el vaso y se aprieta entonces el tapón, no debiendo quedar burbujas de aire ocluidas en el picnómetro en esta operación. El vaso con el picnómetro se vuelve a colocar en el baño de agua (Nota 3).

**Nota 3.** Es recomendable que el agua o la muestra en el picnómetro tengan una temperatura ligeramente inferior a la de ensayo antes de sumergir el picnómetro en el vaso. Si la temperatura de ensayo es inferior a la ambiente, utilizar un baño auxiliar a menor temperatura. Es esencial asegurarse que no queden burbujas de aire en el líquido, debiendo esperar hasta que éstas alcancen la superficie para colocar el tapón.

**3.2.4** Se deja el picnómetro en el interior del vaso un mínimo de 30 minutos, se saca del agua e inmediatamente se seca la superficie superior del tapón pasando suavemente y una sola vez, un paño seco por la misma; a continuación se seca rápidamente el resto del picnómetro y se pesa con aproximación de 0,1 mg. Se designa la masa del picnómetro lleno de agua por  $m_2$  (Nota 4).

**Nota 4.** En ningún caso se volverá a secar la superficie del tapón aunque aparezca algo de líquido por el orificio, debido a la expansión. Si durante la pesada se condensase humedad en el picnómetro, secar éste rápidamente, nunca el tapón, antes de pesarlo. Si la temperatura de ensayo es más alta que la ambiente, esperar hasta que el picnómetro alcance ésta antes de pesar.

**3.2.5** Si se va a determinar la densidad relativa referida al agua a temperatura distinta de 25 °C, o bien se desea la densidad a una temperatura que no sea la de 25 °C, se deberá tener calibrado el picnómetro a la temperatura deseada.

### 3.3 Procedimiento para líquidos

**3.3.1** Se tomarán las precauciones necesarias para asegurar que la muestra para ensayo sea representativa de la muestra existente en el laboratorio, la cual deberá ser homogénea y no estar contaminada.

**3.3.2** Si fuera necesario, se podrá calentar con cuidado la muestra en una estufa o baño-maría hasta que esté lo suficientemente fluida para verterla, evitando cualquier pérdida de productos volátiles. En cualquier caso, la muestra se homogeneiza completamente y se vierten unos 200 g en un recipiente limpio y seco. Esta muestra para ensayo puede igualmente, si fuera necesario, calentarse lo suficiente para el llenado del picnómetro, tomando las mismas precauciones indicadas antes.

**3.3.3** Para los materiales de consistencia líquida, se utilizará el picnómetro de Gay-Lussac, figura 1 a), el cual deberá calibrarse a la temperatura de ensayo. Se pesa con aproximación de 0,1 mg un picnómetro limpio y seco con su tapón, y se designa esta masa por  $m_1$  (Nota 2).

**3.3.4** El picnómetro se llena con la muestra para ensayo, calentada, si fuera necesario, como ya se indicó antes, así como el picnómetro, para facilitar la expulsión de burbujas de aire, y se sumerge hasta el cuello en el vaso de agua, el cual deberá estar sumergido en el baño a la temperatura de ensayo. Se deja el picnómetro en el vaso un tiempo suficiente para permitir la expulsión de las burbujas de aire.

**3.3.5** Se saca el picnómetro del vaso y se deja enfriar a temperatura ligeramente inferior a la del ensayo (ver Nota 3). A continuación se cierra firmemente el picnómetro con su tapón, evitando cuidadosamente dejar burbujas de aire atrapadas en el interior, y se vuelve a sumergir de nuevo el picnómetro en el vaso de agua hasta una profundidad en la que sobresalgan solamente unos 2 mm de la parte superior del tapón. En estas condiciones se deja en reposo el picnómetro para estabilizar la temperatura unos 30 minutos, limpiando con cuidado cualquier exceso de muestra que salga por el orificio del capilar, cuidando que el menisco quede exactamente enrasado con el nivel superior del capilar.

**3.3.6** Se saca el picnómetro del vaso y se deja a temperatura ambiente unos momentos, quitando a continuación toda traza de agua y muestra de su superficie con un paño limpio y seco que no deje hilos, y se pesa con aproximación de 0,1 mg; se designa esta masa por  $m_3$  (Nota 4).

### 3.4 Procedimiento para semisólidos y sólidos

**3.4.1** Se tomarán igualmente las precauciones necesarias para asegurar que la muestra para ensayo sea representativa de la muestra existente en el laboratorio, la cual deberá ser homogénea y no estar contaminada.

**3.4.2** De la muestra del laboratorio se tomarán unos 200 g de muestra para ensayo, utilizando, si fuese necesario, una espátula caliente, que se pasan a un recipiente apropiado, limpio y seco. Puede utilizarse también una estufa de tamaño suficiente para el calentamiento de la muestra y, después de mezclar y homogeneizar bien, verter los 200 g en el recipiente adecuado. La muestra para ensayo se calentará con cuidado en una estufa o en un baño de aire caliente, procurando remover el material en cuanto su consistencia lo permita para homogeneizar y evitar los sobrecalentamientos locales, hasta que esté suficientemente fluida para verterla. Deberá evitarse durante toda la manipulación del material la inclusión de burbujas de aire en la muestra, esperándose a que éstas escapen antes del vertido al picnómetro.

**3.4.3** Para los materiales de consistencia semisólida o sólida, se utilizará un picnómetro de boca an-

cha, figuras 1 b) o c), el cual deberá estar previamente calibrado a la temperatura de ensayo. Se pesa con aproximación de 0,1 mg un picnómetro limpio y seco con su tapón, y se designa esta masa como  $m_1''$  (Nota 2).

**3.4.4** Se vierte una cantidad suficiente de muestra en el picnómetro, perfectamente limpio, seco y caliente, hasta llenar aproximadamente los tres cuartos de su capacidad, cuidando que el material no toque las paredes del picnómetro por encima de su nivel final y evitando igualmente la incorporación de burbujas de aire. Si quedara alguna burbuja ocluida, se puede eliminar mediante la llama larga y poco calorífica de un mechero de gas, flameando la superficie del picnómetro unos segundos cada vez para evitar sobrecalentamientos locales. El picnómetro con la muestra se deja enfriar a temperatura ambiente unos 40 minutos como mínimo, se tapa con su tapón y se pesa con aproximación de 0,1 mg; se designa esta masa como  $m_4$ .

**3.4.5** Se saca el vaso del baño de agua y se completa el llenado del picnómetro con agua destilada o desionizada procedente del vaso, siguiendo a continuación el procedimiento descrito en los apartados 3.2.3 y 3.2.4. Finalmente se pesa el picnómetro con la muestra más el agua con aproximación de 0,1mg, y se designa esta masa por  $m_5$ .

## 4 RESULTADOS

**4.1 Densidad relativa ( $t^\circ\text{C}/t^\circ\text{C}$ ).** Se expresará como «Densidad relativa ( $t^\circ\text{C}/t^\circ\text{C}$ )», donde  $t$  es la temperatura a la que se ha realizado el ensayo con un picnómetro calibrado a la misma temperatura; si ésta no se especifica,  $t$  se entenderá que es la temperatura normalizada de  $25^\circ\text{C}$ .

**4.1.1 En materiales líquidos.** Se calcula la densidad relativa ( $t^\circ\text{C}/t^\circ\text{C}$ ) de la muestra, aproximada a la cuarta cifra decimal, mediante la expresión:

$$\text{Densidad relativa } (t^\circ\text{C}/t^\circ\text{C}) = \frac{m_3 - m_1'}{m_2 - m_1}$$

siendo:

$m_1$  = Masa del picnómetro vacío, a  $t^\circ\text{C}$ , en g (según 3.2.2).

$m_1'$  = Masa del picnómetro vacío, a  $t^\circ\text{C}$ , en g (según 3.3.3).

$m_2$  = Masa del picnómetro lleno de agua, a  $t^\circ\text{C}$ , en g (según 3.2.4).

$m_3$  = Masa del picnómetro lleno de muestra, a  $t^\circ\text{C}$ , en g (según 3.3.6).

**4.1.2 En materiales semisólidos y sólidos.** Se calcula la densidad relativa ( $t^\circ\text{C}/t^\circ\text{C}$ ) de la muestra, aproximada a la cuarta cifra decimal, mediante la expresión:

$$\begin{aligned} \text{Densidad relativa } (t^\circ\text{C}/t^\circ\text{C}) &= \\ &= \frac{m_4 - m_1''}{(m_2 - m_1) - (m_5 - m_4)} \end{aligned}$$

siendo:

$m_1$  = Masa del picnómetro vacío, a  $t^\circ\text{C}$ , en g (según 3.2.2).

$m_1''$  = Masa del picnómetro vacío, a  $t^\circ\text{C}$ , en g (según 3.4.3).

$m_2$  = Masa del picnómetro lleno de agua, a  $t^\circ\text{C}$ , en g (según 3.2.4).

$m_4$  = Masa del picnómetro con muestra, a  $t^\circ\text{C}$ , en g (según 3.4.4).

$m_5$  = Masa del picnómetro con muestra y agua, a  $t^\circ\text{C}$ , en g (según 3.4.5).

**4.2 Densidad.** Se expresará como «Densidad a  $t^\circ\text{C}$ », calculándose aproximada a la cuarta cifra decimal, mediante la expresión:

$$\rho (t^\circ\text{C}) = d (t^\circ\text{C}/t^\circ\text{C}) \times \rho \text{ agua } (t^\circ\text{C})$$

siendo:

$\rho (t^\circ\text{C})$  = Densidad de la muestra a  $t^\circ\text{C}$ , en  $\text{g}/\text{cm}^3$ .

$d (t^\circ\text{C}/t^\circ\text{C})$  = Densidad relativa ( $t^\circ\text{C}/t^\circ\text{C}$ ) de la muestra, obtenida según 4.1.

$\rho \text{ agua } (t^\circ\text{C})$  = Densidad del agua a  $t^\circ\text{C}$ , en  $\text{g}/\text{cm}^3$ , según tabla 1.

**4.3 Densidad relativa ( $t_1^\circ\text{C}/t_2^\circ\text{C}$ ).** Si las temperaturas  $t_1$  y  $t_2$  no son iguales,  $t_1 \neq t_2$ , se calcula la densidad relativa de la muestra, aproximada a la cuarta cifra decimal, mediante la expresión:

$$\begin{aligned} \text{Densidad relativa } (t_1^\circ\text{C}/t_2^\circ\text{C}) &= \\ &= \frac{\text{Densidad de la muestra a } t_1^\circ\text{C}}{\text{Densidad del agua a } t_2^\circ\text{C}} \end{aligned}$$

**4.4 Expresión de los resultados.** Los resultados de la densidad relativa, así como los de la densidad en  $\text{g}/\text{cm}^3$ , se expresarán aproximados a la tercera cifra decimal y acompañados de la temperatura o relación de temperaturas del ensayo, según se indica en los apartados 4.1, 4.2 y 4.3.

## 5 PRECISION

**5.1 Repetibilidad.** Los valores de la precisión encontrados para los ensayos realizados por un mismo operador y equipo sobre una misma muestra, han sido los siguientes:

	DESVIACION TIPICA (1S)	DIFERENCIA MAXIMA ENTRE 2 ENSAYOS (D2S)
A 15,6 °C	0,0013	0,003
A 25,0 °C	0,00082	0,002

**5.2 Reproducibilidad.** Los valores de la precisión encontrados para los valores realizados por distintos operadores en diferentes laboratorios y sobre una misma muestra, han sido los siguientes:

	DESVIACION TIPICA (1S)	DIFERENCIA MAXIMA ENTRE 2 ENSAYOS (D2S)
A 15,6 °C	0,0024	0,007
A 25,0 °C	0,0019	0,005

t °C	(g/cm <sup>3</sup> )	t °C	(g/cm <sup>3</sup> )	t °C	(g/cm <sup>3</sup> )	t °C	(g/cm <sup>3</sup> )
0	0,999 8						
1	9	21	0,998 0	41	0,991 8	61	0,982 7
2	9	22	0,997 8	42	5	62	2
3	1,000 0	23	5	43	1	63	0,981 7
4	0	24	3	44	0,990 7	64	1
5	0	25	0	45	2	65	0,980 6
6	0,999 9	26	0,996 8	46	0,989 8	66	0
7	9	27	5	47	4	67	0,979 5
8	9	28	2	48	0,989 0	68	0,978 9
9	8	29	0,995 9	49	5	69	3
10	7	30	7	50	0	70	0,977 8
11	6	31	3	51	0,987 6	71	2
12	5	32	0	52	1	72	0,976 6
13	4	33	0,994 7	53	0,986 7	73	1
14	2	34	4	54	2	74	0,975 4
15	1	35	0	55	0,985 7	75	0,974 8
16	0,998 9	36	0,993 7	56	2	76	3
17	8	37	3	57	0,984 7	77	0,973 7
18	6	38	0	58	2	78	1
19	4	39	0,992 6	59	0,983 7	79	0,972 4
20	2	40	2	60	2	80	0,971 8

TABLA 1. Densidad del agua para temperaturas comprendidas entre 0 °C y 80 °C.

## METODO DEL DESPLAZAMIENTO

### 6 FUNDAMENTO DEL METODO

**6.1** La determinación de la densidad por este procedimiento se basa en el empuje que experimentan los sólidos al sumergirse en un líquido. Para ello, la muestra se cuelga del platillo de una balanza por medio de un alambre fino y se determina su masa al aire para, a continuación, pesarla sumergida en agua y obtener la masa del volumen de agua equivalente, por diferencia entre ambas pesadas. El ensayo se realiza a la temperatura de 25 °C.

**6.2** La determinación de la densidad relativa es útil como criterio de uniformidad de partidas y fuentes de suministro.

**6.3** Se define la densidad como la masa en kilogramos de un metro cúbico de material a 25 °C.

### 7 APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

**7.1 Balanza hidrostática.** Una balanza con precisión de 1 mg o menor y provista de los dispositivos necesarios para su empleo como balanza hidrostática.

**7.2 Baño de agua.** Un baño de agua con regulación termostática de la temperatura y una precisión de  $\pm 0,1$  °C.

**7.3 Vaso de vidrio** de 600 cm<sup>3</sup> de capacidad.

**7.4 Termómetro** análogo al descrito en el apartado 2.5.

**7.5 Agua** desionizada o destilada recién hervida y enfriada.

### 8 PROCEDIMIENTO

**8.1 Preparación de la muestra.** La muestra se tomará de acuerdo con el procedimiento específico para toma de muestras descrito en la norma NLT-121. Una vez homogeneizada, se seleccionará para el ensayo una fracción representativa de la misma.

**8.1.1** De la fracción para ensayo se elegirán dos fragmentos de entre 5 y 20 g cada uno, procurando que no contengan sustancias extrañas ni presenten grietas o fracturas superficiales (Nota 5).

**Nota 5.** Si la naturaleza del material lo permite, pueden fabricarse probetas cúbicas de unos 3 cm de lado, vertiendo el material cuidadosamente fundido para evitar la inclusión de burbujas de aire, en moldes apropiados y que permitan un fácil desmoldeo posterior.

## 8.2 Ejecución del ensayo

8.2.1 Primeramente se tara la balanza colgando del gancho del platillo un trozo de alambre de nícrón (u otro material análogo), de unos 0,15 mm de diámetro y suficiente longitud para que llegue hasta cerca de la base soporte para el vaso. A continuación se ata el extremo del alambre a uno de los fragmentos de muestra, que debe quedar colgado a unos 30 mm por encima del soporte del vaso, y se pesa con aproximación de 1 mg. Se designa este valor por a.

8.2.2 Se llena el vaso con agua, preparada según el apartado 7.5, hasta los dos tercios de su altura, añadiendo a la misma una pequeña cantidad de detergente. El agua procedente del baño deberá estar a la temperatura de  $25 \pm 0,2$  °C, debiendo mantenerse en estos límites durante la determinación. Se coloca el vaso sobre el soporte y se sumerge completamente en el agua la muestra suspendida del gancho, eliminando las burbujas de aire que pudieran haber quedado adheridas tanto a la muestra como al alambre de suspensión, mediante un pincel fino o un alambre. Deberá comprobarse que el conjunto del soporte, vaso y muestra suspendida no interfieren en el libre movimiento de la balanza. En estas condiciones, se pesa la muestra sumergida con aproximación de 1 mg. Se designa este valor por b.

8.2.3 Se repite el mismo proceso con el segundo fragmento de muestra.

## 9 RESULTADOS

9.1 Se calcula la densidad del material ensayado mediante la siguiente expresión:

$$\text{Densidad a } 25 \text{ °C} = \frac{a}{a - b} \times 997$$

donde:

- a = Masa de la muestra al aire, en mg.
- b = Masa de la muestra en agua a 25 °C, en mg.
- 997 = Densidad del agua a 25 °C, en kg/m<sup>3</sup>.

9.2 **Expresión de los resultados.** Se calcula el valor medio de las dos determinaciones con aproximación de 1 kg, si los dos valores obtenidos difieren

en menos de 5 kg/m<sup>3</sup>. En caso contrario, repetir la determinación empleando dos nuevos fragmentos o muestras fundidas, desechar el valor más bajo de los cuatro obtenidos y calcular el valor medio de los tres restantes. El resultado se expresará con cuatro cifras significativas como «Densidad a 25 °C», en kg/m<sup>3</sup>.

## 10 PRECISION

10.1 Para juzgar la aceptabilidad de los resultados, se seguirán los siguientes criterios (95 % de probabilidad).

10.2 **Repetibilidad.** Los ensayos realizados por duplicado por un mismo operador y equipo sobre una misma muestra, se considerarán sospechosos si difieren en más de 5 kg/m<sup>3</sup>.

10.3 **Reproducibilidad.** Los ensayos realizados por distintos operadores en diferentes laboratorios y sobre una misma muestra, se considerarán sospechosos si difieren en más de 7 kg/m<sup>3</sup>.

## 11 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

RILEM Tentative recommendation BM-3. 1982.  
 ASTM D 70-76 «Test Method for Specific Gravity and Density of Semi-solid Bituminous Materials».  
 ASTM D 71-72 (y 78) «Test Method for Relative Density of Solid Pitch and Asphalt» (Displacement Method).  
 AASHTO T 228-68 «Specific Gravity of Semi-solid Bituminous Materials».  
 AASHTO T 229-74 «Density of Solid Pitch and Asphalt» (Displacement Method).  
 IP 59/72 «Density and Relative Density (PM-B-4)».  
 IP 190/64 «Density and Relative Density-Capillary Stopped Pyknometer Method (PM-B-4)».  
 UNE 7-114 «Peso específico aparente de asfaltos y breas de alquitrán, manejables en fragmentos».  
 UNE 7-115 «Determinación del peso específico real de alquitranes de carretera, betunes asfálticos y breas blandas de alquitrán».

## 12 NORMAS PARA CONSULTA

NLT-121 «Toma de muestras de los materiales bituminosos».