

DENSIDAD DEL CEMENTO HIDRÁULICO

INV E – 307 – 13

1 OBJETO

- 1.1** Esta norma tiene por objeto establecer un método de ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico.
- 1.2** Esta norma reemplaza la norma INV E–307–07.

2 RESUMEN DEL MÉTODO

- 2.1** Empleando kerosene deshidratado o nafta, se llena el frasco de Le Chatelier hasta un punto determinado y se toma una lectura inicial de volumen. Luego se agrega una masa conocida de cemento y se toma la lectura del volumen que alcanza el líquido en el frasco debido al desplazamiento que sufre. Se divide la masa de cemento añadida por la diferencia de lecturas de volumen. La prueba se debe realizar a temperatura constante.

3 IMPORTANCIA Y USO

- 3.1** El uso principal de la densidad del cemento hidráulico está relacionada con el diseño y el control de mezclas de concreto. La densidad no es un indicador directo de la calidad del cemento, pero a partir de ella se pueden deducir algunas características cuando se analiza en conjunto con otras propiedades.
- 3.2** Cuando el cemento hidráulico se usa como llenante en las mezclas asfálticas, su densidad interviene en los cálculos volumétricos requeridos para el diseño y el control de calidad.

4 EQUIPO

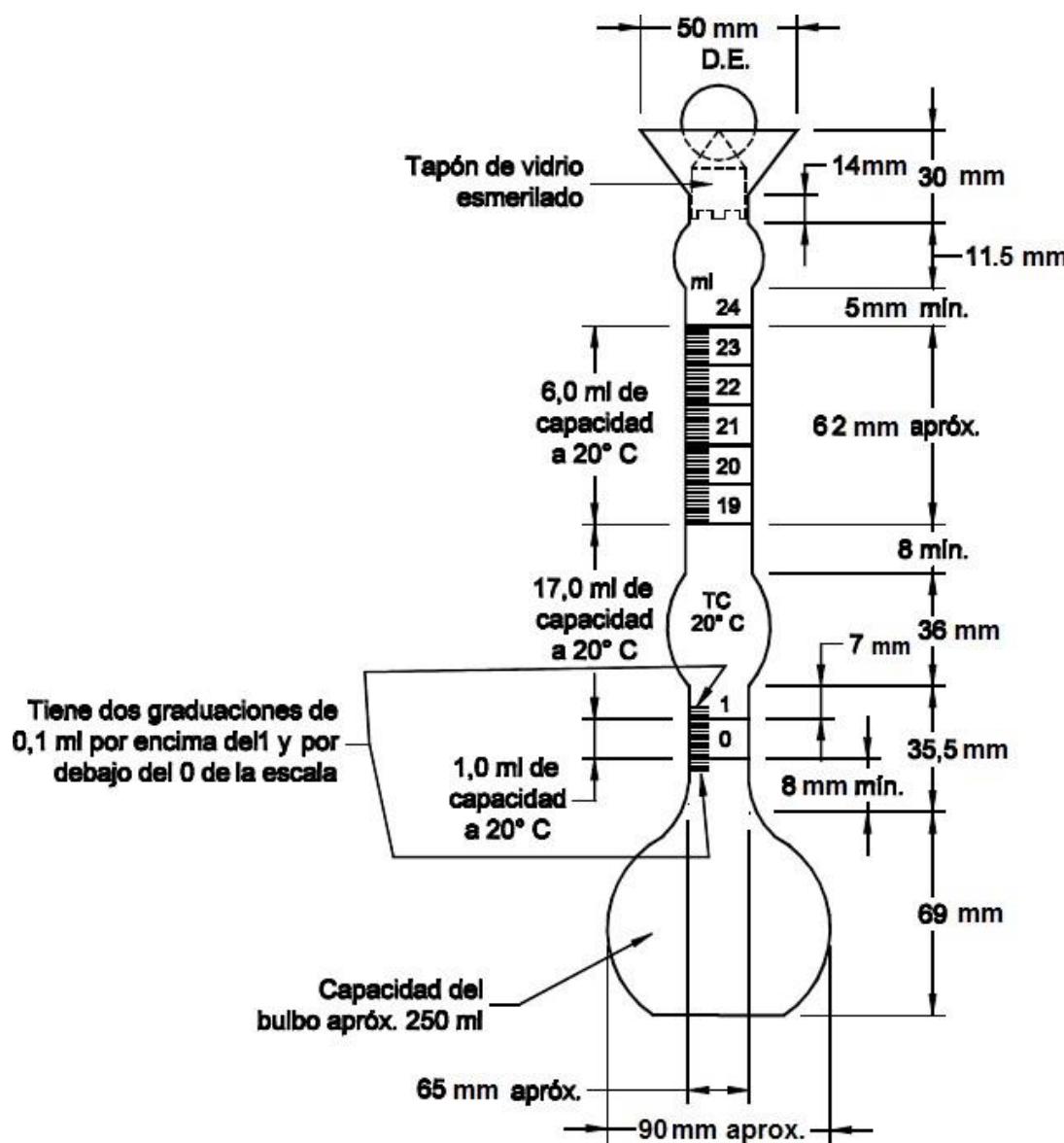
- 4.1** *Frasco de Le Chatelier* – Debe tener sección transversal circular y cumplir con las dimensiones indicadas en la Figura 307 - 1 (nota 1). Los requisitos con respecto a las tolerancias, inscripciones y longitud, espaciamiento y uniformidad de las graduaciones deben ser atendidos en forma estricta.

Deberá existir un espacio de no menos de 10 mm entre la marca de graduación más alta y el punto más bajo del esmerilado del tapón de vidrio.

- 4.1.1** El frasco deberá estar construido con vidrio de la mejor calidad, transparente y libre de estrías. El vidrio debe ser químicamente resistente y tener una pequeña histéresis térmica. Todo frasco debe ser templado cuidadosamente antes de ser graduado y deberá tener un espesor suficiente para asegurar una razonable resistencia a la rotura.
- 4.1.2** El cuello deberá estar graduado de 0 a 1 ml y de 18 a 24 ml, con divisiones de 0.1 ml. El error de cualquier capacidad indicada, no deberá ser superior a 0.05 ml.
- 4.1.3** Cada frasco deber llevar un número de identificación permanente y un tapón que, a menos que sea intercambiable, debe tener el mismo número de identificación. Si el tapón y el frasco son intercambiables, ambos elementos se deben marcar con el símbolo standard-taper (\$), seguido por la designación del tamaño. Debe tener indicada la temperatura patrón, y la unidad de capacidad se debe mostrar con las letras "ml" por encima de la marca más alta (ver Figura 307 - 1).
- 4.2** En la determinación de la densidad se deben emplear kerosene libre de agua o nafta, con una densidad mayor de 0.73 g/ml a $23 \pm 2^\circ\text{C}$.
- 4.3** Se permite el uso de equipos o métodos alternos para determinar la densidad del cemento hidráulico, siempre y cuando el resultado obtenido por un solo operador con el equipo o método alterno, no difiera en más de 0.03 Mg/m³ del resultado obtenido mediante el método descrito en esta norma.

Nota 1: Con el diseño se intenta garantizar el drenaje completo del frasco cuando éste se desocupa y la estabilidad en posición vertical sobre el nivel de la superficie, así como la exactitud y la precisión de la lectura.

Nota 2: Se pueden producir variaciones de unos pocos mm en dimensiones tales como, altura total del frasco, diámetro de la base, entre otros, y no ser causa suficiente de rechazo. Las dimensiones del frasco, indicadas en la Figura 307 - 1, se aplican solamente a frascos nuevos y no a frascos en uso que cumplen los demás requisitos de este método de ensayo.



5 PROCEDIMIENTO

- 5.1 La densidad del cemento se debe determinar tal como éste se recibe, a menos que se especifique otra cosa. Si se requiere la determinación de la densidad de una muestra libre de pérdidas, se la debe someter primero a ignición de acuerdo con el procedimiento descrito en el numeral 16.1 de la norma ASTM C114.

- 5.2** Se llena el frasco (nota 3) con cualquiera de los líquidos especificados en el numeral 4.2 hasta un punto situado entre las marcas 0 y 1 ml del cuello (Figura 307 - 2). Si es necesario, se seca el interior del frasco por encima del nivel líquido, después de verterlo. Se anota la primera lectura después de sumergir el frasco en el baño de agua (nota 4) como se indica en el numeral 5.4.



Figura 307 - 2. Frasco lleno hasta el espacio entre las marcas 0 y 1 ml

Nota 3: Se recomienda usar una almohadilla de caucho para apoyar el frasco al llenarlo y girarlo.

Nota 4: Antes de agregar el cemento al frasco, resulta de utilidad colocar alrededor del cuello del frasco una pesa anular holgada con el fin de mantener el frasco en posición vertical en el baño de agua. Alternativamente, el frasco se puede sostener en el baño empleando un sujetador de bureta.

- 5.3** Se agrega una cantidad de cemento (aproximadamente 64 g de cemento portland), pesada con una aproximación de 0.05 g, en pequeñas cantidades y a la misma temperatura que el líquido (nota 3), con el cuidado necesario para evitar salpicaduras y la adhesión del cemento a las paredes del frasco por encima del líquido (Figura 307 - 3). Se puede usar un vibrador para acelerar la adición del cemento dentro del frasco y evitar que se pegue en el cuello. Después de agregar todo el cemento, se coloca el tapón en el frasco y se gira éste en posición inclinada (nota 3), o se rota suavemente en círculos horizontales para liberar el aire en el cemento, hasta que no asciendan burbujas a la superficie del líquido. Si se ha añadido una cantidad apropiada de cemento, el nivel del líquido estará en su posición final en algún punto de la serie superior de graduaciones. Se toma la lectura final luego de que el frasco se haya sumergido en el baño de agua, de acuerdo con el numeral 5.4. La diferencia entre las dos lecturas corresponde al volumen desplazado por el cemento.



Figura 307 - 3. Adición del cemento

- 5.4** Se sumerge el frasco en un baño de agua a temperatura constante por períodos suficientes para evitar variaciones mayores de 0.2° C en la temperatura del frasco entre las lecturas inicial y final.

6 CÁLCULOS

- 6.1** La diferencia entre las lecturas inicial y final representa el volumen del líquido desplazado por la masa de cemento usada en el ensayo.
- 6.2** La densidad del cemento se calcula como sigue:

$$\rho \left(\frac{\text{Mg}}{\text{m}^3} \right) \text{ o } \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) = \frac{\text{Masa de cemento, g}}{\text{volumen desplazado, cm}^3} \quad [307.1]$$

Nota 5: El volumen desplazado en mililitros es equivalente numéricamente al volumen desplazado en centímetros cúbicos

Nota 6: La densidad en megagramos por metro cúbico (Mg/m^3) es equivalente numéricamente a la densidad en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3). La densidad del cemento, ρ , se debe calcular con tres cifras decimales y se aproxima a 0.01 Mg/m^3 .

Nota 7: En relación con el diseño y el control de las mezclas de concreto, la densidad puede ser más útil si se expresa como densidad relativa (gravedad específica), la cual es un número adimensional. La gravedad específica se calcula con la ecuación:

$$\text{Gravedad específica} = \frac{\text{Densidad del cemento}}{\text{Densidad del agua a } 4^\circ \text{ C}}$$

[307.2]

La densidad del agua a 4° C es 1 Mg/m^3 .

7 PRECISIÓN Y SESGO

7.1 Precisión:

- 7.1.1** Se ha determinado que para un operador, la desviación estándar para cementos portland es 0.012. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos efectuados por un mismo operador, sobre una misma muestra de cemento, no deberán diferir en más de 0.03.
 - 7.1.2** Se ha determinado que desviación estándar multilaboratorio para cementos portland es 0.037. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos efectuados en diferentes laboratorios, sobre el mismo cemento, no deberán diferir en más de 0.10.
- 7.2 Sesgo** – Puesto que no existe un material de referencia aceptado para la determinación del sesgo asociado con este método de ensayo, no se presenta una declaración al respecto.

8 NORMAS DE REFERENCIA

ASTM C 188 – 09