

## EXUDACIÓN DEL CONCRETO

INV E – 407 – 13

### 1 OBJETO

---

- 1.1** Esta norma se refiere a la determinación de la cantidad relativa de agua que exuda una muestra fresca de concreto. Se presentan dos métodos de ensayo, los cuales difieren primordialmente en el grado de vibración al cual se somete la muestra de concreto.
- 1.2** No es de esperar que los dos métodos conduzcan al mismo resultado cuando se ensaya una muestra de concreto de la misma amasada. Cuando se van a comparar varios concretos, todos los ensayos se deberán realizar aplicando el mismo método, y si las amasadas son de peso unitario similar, las masas de las muestras no deberán diferir en más de 1 kg (2 lb).
- 1.3** Esta norma reemplaza la norma INV E-407-07.

### 2 DEFINICIONES

---

- 2.1** *Exudación* – Acumulación progresiva de agua en la superficie de la mezcla.

### 3 IMPORTANCIA Y USO

---

- 3.1** Este método de ensayo brinda procedimientos para determinar el efecto que tienen sobre la exudación del concreto las variables de composición, tratamiento, ambiente y otros factores. Se puede emplear, también, para determinar la conformidad de un producto o tratamiento con un requisito relacionado con su efecto sobre la exudación del concreto.
- 3.2** Los métodos de ensayo se clasifican como sigue:
- 3.2.1** *Método A* – Para una muestra consolidada únicamente por apisonado y ensayada sin ninguna alteración posterior, simulando así las condiciones en las cuales el concreto, luego de su colocación, no está sometido a vibración intermitente.

- 3.2.2 Método B** – Para una muestra consolidada por vibración y ensayada con períodos intermitentes de vibración adicionales, simulando así las condiciones en las cuales el concreto, luego de su colocación, está sometido a vibración intermitente.

## MÉTODO A – MUESTRA CONSOLIDADA POR APISONADO

### 4 EQUIPO

- 4.1 Recipiente cilíndrico** – De aproximadamente 14 litros ( $1/2 \text{ pie}^3$ ) de capacidad, con diámetro interior de  $255 \pm 5 \text{ mm}$  ( $10 \pm 1/4''$ ) y altura interior de  $280 \pm 5 \text{ mm}$  ( $11 \pm 1/4''$ ). El recipiente debe ser metálico, de calibre comprendido entre 2.67 y 3.40 mm (0.105 a 0.134"), y debe estar reforzado externamente alrededor de la parte superior con una banda metálica del mismo calibre y de 40 mm ( $1\frac{1}{2}''$ ) de ancho. El interior debe ser liso y libre de corrosión, recubrimientos o lubricantes.
- 4.2 Báscula** – De suficiente capacidad para determinar la masa requerida con una exactitud de 0.5 %. Las balanzas o básculas se deben calibrar al menos una vez al año o siempre que haya motivo para dudar de su exactitud.
- 4.3 Pipeta** – U otro instrumento similar, para extraer el agua libre de la superficie de la muestra de ensayo.
- 4.4 Vaso graduado** – De 100 ml de capacidad, para recolectar y medir la cantidad de agua retirada.
- 4.5 Varilla para apisonar** – Debe ser de acero, lisa, recta, cilíndrica, de  $16 \pm 2 \text{ mm}$  ( $5/8 \pm 1/16''$ ) de diámetro y de longitud aproximada de 600 mm (24"). Uno o ambos extremos de la varilla deben ser hemisféricos, con un radio de 8 mm ( $5/16''$ ).
- 4.6** Los aparatos mencionados en los numerales 4.7 a 4.9 se requieren si el procedimiento de medida de la cantidad de agua exudada involucra pesaje, evaporación y nuevo pesaje.
- 4.7 Recipiente metálico** – De 1000 ml, para recolectar el agua exudada y los sedimentos.
- 4.8 Balanza**– Con sensibilidad de 1 gramo, para determinar la masa de agua exudada y los sedimentos.

- 4.9** *Placa calentadora* – Pequeña, o cualquier otra fuente de calor, para evaporar el agua exudada.

## 5 MUESTRA DE ENSAYO

---

- 5.1** La preparación de muestras de concreto de laboratorio se debe hacer conforme con la norma INV E-402. Para el concreto elaborado en la obra, las muestras se toman de acuerdo con la norma INV E-401. Los aparatos descritos en esta norma se pueden usar para muestras de concreto que contengan cualquier tamaño de agregados, hasta de 50 mm (2") de tamaño máximo nominal. El concreto que contenga agregados de tamaño nominal superior al indicado, debe ser tamizado en húmedo por un tamiz de 37.5 mm (1½") y el ensayo se realiza sobre una porción de la muestra que pasa ese tamiz.
- 5.2** Se llena el recipiente con el concreto, de acuerdo con la norma INV E-405, excepto que el recipiente debe ser llenado hasta una altura de  $254 \pm 3$  mm ( $10 \pm 1/8$ "). Se nivela la superficie superior de la muestra de concreto mediante acción de allanado, hasta lograr una superficie razonablemente lisa.

## 6 PROCEDIMIENTO

---

- 6.1** Durante el ensayo, se mantiene la temperatura ambiente entre 18 y 24° C (65 y 75° F). Inmediatamente después de allanar la superficie de la muestra, se anota el tiempo y se determina la masa del recipiente con su contenido. Se colocan la muestra y el recipiente sobre una plataforma o en un piso a nivel libre de vibración, y se cubre el recipiente con un material no absorbente para prevenir la evaporación del agua exudada. Se mantiene la cubierta sobre la muestra durante todo el ensayo, excepto para extraer el agua. Se extrae el agua acumulada en la superficie (con la pipeta o un instrumento similar) a intervalos de 10 minutos durante los primeros 40 minutos contados a partir del alisado de la muestra, pasados los cuales se extrae el agua cada 30 minutos, hasta que cese la exudación, anotando el tiempo de la última extracción. Para facilitar la recolección del agua exudada, se inclina la muestra con cuidado 2 minutos antes de cada extracción de agua, poniendo un bloque de aproximadamente 50 mm (2") de espesor bajo un lado del recipiente. Luego de retirar el agua, se devuelve el recipiente a la posición original sin agitarlo. Después de cada recolección, se transfiere el agua al cilindro graduado de 100 ml y se anota la cantidad acumulada de agua después de cada transferencia. Cuando solo se desee determinar el volumen total de

exudación, se puede omitir el proceso de remoción periódica y se extrae la totalidad del agua exudada en una sola operación. Si se desea determinar la masa del agua exudada y excluir el material presente diferente del agua, se decanta cuidadosamente el contenido del cilindro en un recipiente metálico. Se determina y anota la masa del recipiente con su contenido y se llevan a un horno para evaporar el agua, después de lo cual se determina nuevamente la masa del recipiente con su contenido. La diferencia entre las dos masas, D, será la masa del agua exudada. Si se desea, también se puede obtener la masa del sedimento, determinando inicialmente la tara del recipiente metálico.

## 7 CÁLCULOS

7.1 El volumen de agua exudada por unidad de superficie se calcula como sigue:

$$V = \frac{V_1}{A} \quad [407.1]$$

Donde:  $V_1$ : Volumen del agua exudada, medida durante el intervalo de tiempo seleccionado, ml;

A: Área expuesta del concreto,  $\text{cm}^2$ .

7.1.1 Se puede determinar la velocidad comparativa de exudación, a medida que el ensayo progresa, comparando el volumen de agua exudada para cada intervalo de tiempo igual.

7.2 El agua exudada acumulada, expresada como un porcentaje de la cantidad neta de agua contenida en la mezcla, se calcula como sigue:

$$C = \frac{W}{W} \times S \quad [407.2]$$

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{D}{C} \times 100 \quad [407.3]$$

Donde: C: Masa de agua en la muestra de ensayo, g;

W: Masa total de la amasada, kg;

- w: Agua neta de mezclado (cantidad de agua total menos la cantidad de agua absorbida por los agregados), kg;
- S: Masa de la muestra, g;
- D: Masa del agua exudada, g, o volumen total del agua extraída de la muestra ensayada (en  $\text{cm}^3$ ) multiplicado por  $1 \text{ g/cm}^3$ .

## MÉTODO B – MUESTRA CONSOLIDADA POR VIBRACIÓN

### 8 EQUIPO

- 8.1** *Plataforma vibratoria* – Se debe tener una plataforma sobre la cual se monta el recipiente lleno. La plataforma debe estar equipada con un dispositivo adecuado para impartir períodos intermitentes de vibración de duración, frecuencia y amplitud reproducibles de acuerdo a la Sección 9 (ver Figura 407 - 1). Se puede obtener una vibración apropiada si se une a la plataforma un motor eléctrico de 93-W (1/8 HP), al cual se adiciona en su eje una excéntrica de 110 g (0.24 lb), fijada mediante un tornillo de retención. La excéntrica debe ser fabricada a partir de un bloque laminado en frío de acuerdo con los detalles y dimensiones mostrados en la Figura 407 - 2. La abertura que atraviesa la excéntrica es de 13.5 mm (17/32") o una medida apropiada que se acomode al eje del motor. La plataforma debe descansar sobre soportes de caucho que reposan sobre una losa de concreto. La losa se debe separar del piso a través de una capa de corcho, como se muestra en la Figura 407 - 2.

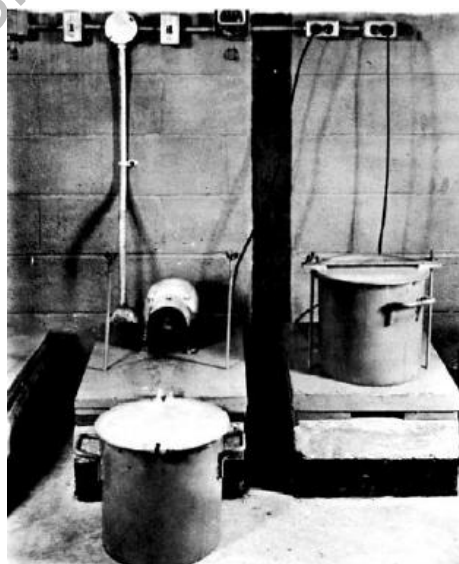


Figura 407 - 1. Plataforma vibratoria y dispositivo de control de tiempo

- 8.2** *Dispositivo de control de tiempo* – Dispositivo registrador, mediante el cual se puedan regular los períodos de vibración dados a la plataforma y a la muestra de acuerdo con las provisiones de la Sección 9.
- 8.3** *Recipiente* – El recipiente para efectuar el ensayo debe ser de acero, de 290 mm (11 ½") de diámetro en la parte superior, 280 mm (11") de diámetro en el fondo y 285 mm (11 1/8") de altura. Debe tener tapa metálica. El recipiente y la tapa deben cumplir con los detalles dados en la Figura 407 - 3.

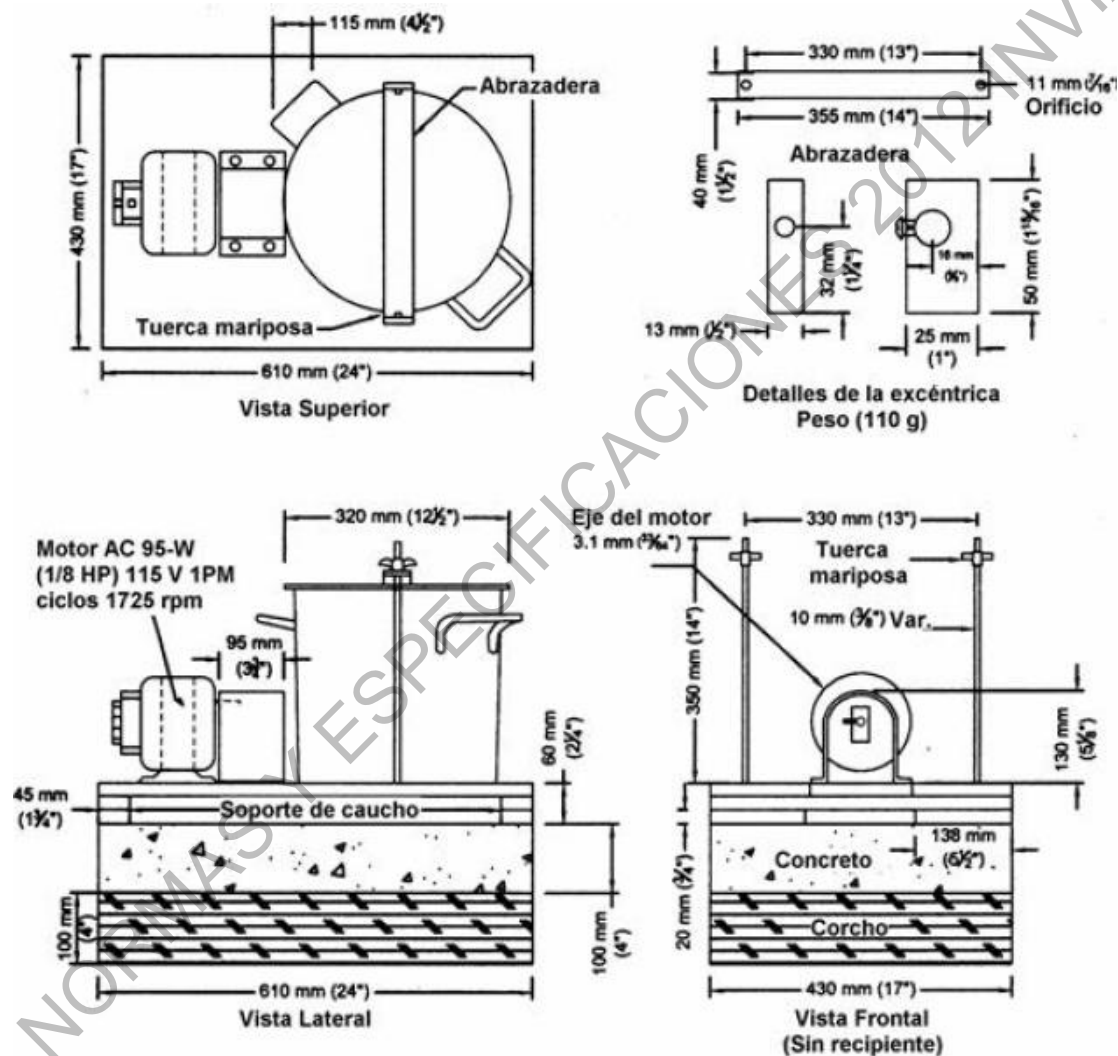


Figura 407 - 2. Detalles de la plataforma vibratoria

- 8.4** Los dispositivos restantes serán los mismos enunciados para el método A.

## 9 CICLO VIBRATORIO

- 9.1 Debe ser de la siguiente manera: Se acciona el motor durante 3 segundos y se desconecta durante 30 segundos. Sin embargo, debido a la inercia del motor luego de que es apagado, el periodo de vibración es, aproximadamente, de 7 segundos.

## 10 MUESTRA DE ENSAYO

- 10.1 La muestra se prepara de la misma manera descrita para el método A.
- 10.2 Se coloca la muestra en el recipiente hasta una profundidad aproximadamente igual a la mitad del diámetro promedio del recipiente. El tamaño de la muestra se regula mejor por masa; una muestra adecuada para este ensayo, empleando los aparatos especificados en esta norma, debe tener una masa de  $20 \pm 0.5$  kg ( $45 \pm 1$  lb).

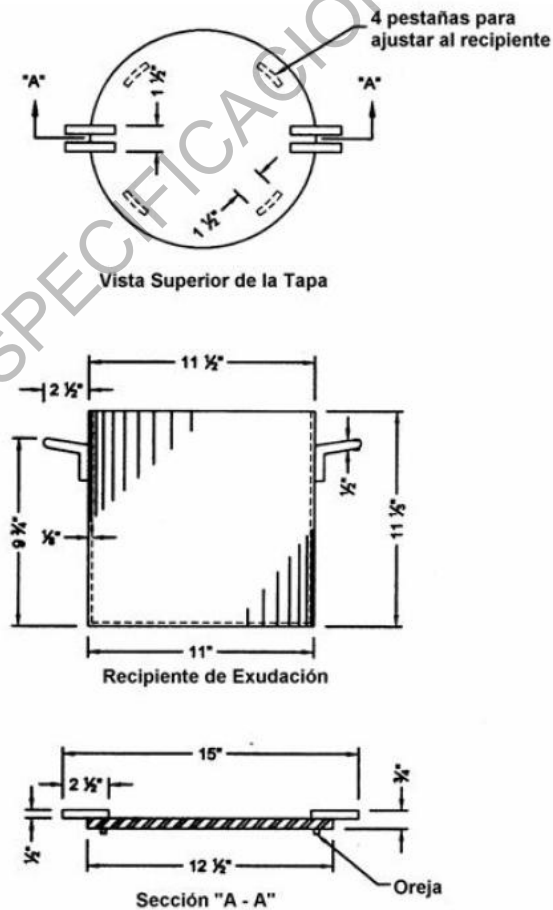


Figura 407 - 3. Recipiente y tapa

## 11 PROCEDIMIENTO

---

- 11.1 Consolidación de la muestra de ensayo** – Se consolida la muestra en el recipiente mediante vibración, solo durante el tiempo necesario para lograr el grado deseado de compactación. Se considera que la vibración aplicada ha sido suficiente, cuando la superficie del concreto presenta una apariencia relativamente lisa. El proceso de consolidación se detiene inmediatamente después de la primera aparición de agua libre, indicada por el desarrollo de un brillo en la superficie de la muestra. Para algunas muestras muy fluidas o plásticas, no se necesita un esfuerzo de consolidación distinto del producido al colocar la muestra en el recipiente y manejarlo durante las operaciones de determinación de la masa y de colocación en la plataforma de ensayo.
- 11.2 Vibración intermitente** – Se tapa el recipiente y se coloca en la plataforma vibratoria, asegurándolo firmemente. Al conectar el motor se anota el tiempo y se continúa la vibración intermitente durante una hora.
- 11.3 Determinación del agua exudada** – Los períodos intermitentes de vibración no permiten determinar la cantidad de agua exudada a diferentes intervalos de tiempo. El volumen total de agua exudada se determina como se describe en el Método A.

## 12 CÁLCULOS

---

- 12.1** El porcentaje de agua exudada se calcula de la misma manera que el Método A.

## 13 INFORME

---

- 13.1** Se debe presentar la siguiente información:

**13.1.1** Dosificación de la mezcla.

**13.1.2** Procedencia e identificación de cada material empleado.

**13.1.3** Método empleado (A o B).

**13.1.4** Volumen de agua exudada por unidad de superficie y volumen acumulado de agua exudada, expresado como porcentaje del agua neta de mezclado contenida en el espécimen de ensayo.



**13.1.5** Tiempo requerido para que cese la exudación.

## 14 PRECISIÓN Y SESGO

---

### 14.1 *Precisión:*

**14.1.1** *Método A* – No hay datos disponibles para evaluar directamente la precisión del Método A. Sin embargo, hay motivos para pensar que la precisión para este método es, al menos, tan buena como la del Método B. Los valores dados para el Método B se deberán usar como límites máximos de precisión para el Método A.

**14.1.2** *Método B* – Se ha encontrado que la desviación estándar (1s) de un solo operador ensayando amasadas múltiples en una jornada es 0.71 %, para un rango de exudación comprendido entre 0 y 10 %; 1.06 % para un rango de exudación comprendido entre 10 y 20 % y 1.77 % para más de 20 % de exudación. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente efectuados por un mismo operario en un mismo día, obtenidos de diferentes amasadas del mismo concreto, no deben diferir en más de 2 % (d2s) para un intervalo de exudación de 0 a 10%; en más de 3 % para un intervalo de exudación de 10 a 20 %, ni en más de 5 % para una exudación mayor de 20 %.

**14.2** *Sesgo* – Esos métodos de ensayo no tienen sesgo, debido a que los valores determinados se pueden definir, únicamente, en términos de ellos.

## 15 NORMAS DE REFERENCIA

---

ASTM C232/232C – 09