

## CONTENIDO TOTAL DE AGUA EVAPORABLE DE LOS AGREGADOS POR SECADO

INV E – 216 – 13

### 1 OBJETO

---

- 1.1** Este método se aplica para determinar la humedad evaporable en una muestra de agregado, por secado del agua libre y de la contenida en los poros permeables al agua. Algunos agregados pueden contener agua combinada químicamente con sus minerales, la cual no es evaporable y, por lo tanto, no queda incluida en el porcentaje determinado mediante este método de ensayo.
- 1.2** Esta norma reemplaza la norma INV E-216-07.

### 2 USO Y SIGNIFICADO

---

- 2.1** Este método es suficientemente exacto para los propósitos rutinarios, como el ajuste de la masa de los ingredientes durante la preparación de mezclas de concreto. Generalmente, el método mide la humedad en la muestra de ensayo con una exactitud mayor que la exactitud con la cual la muestra representa el suministro de agregados que se ensaya.
- 2.2** En algunas ocasiones, cuando el agregado es afectado por la acción del calor o cuando se necesitan medidas más refinadas, el ensayo se debe realizar empleando un horno ventilado de temperatura controlable.
- 2.3** Las partículas más grandes del agregado grueso, especialmente las mayores de 50 mm (2"), requerirán de tiempos más prolongados para que el agua viaje del interior de la partícula hasta la superficie. El usuario del método deberá determinar, por tanteos, si los métodos rápidos dan resultados suficientemente exactos cuando se sequen partículas de gran tamaño.

### 3 EQUIPO

---

- 3.1** *Balanza* – Una balanza o báscula exacta, legible y sensible dentro del 0.1 % de la carga de ensayo, en cualquier punto del intervalo de utilización. Dentro de

cualquier intervalo igual al 10 % de la capacidad del aparato usado para determinar las masas, la indicación de carga deberá ser exacta dentro del 0.1 % de la diferencia de masas.

- 3.2** *Fuente de calor* – Horno ventilado, capaz de mantener la temperatura alrededor de la muestra en  $110 \pm 5^\circ \text{C}$  ( $230 \pm 9^\circ \text{F}$ ). Cuando no se requiera un control exacto de la temperatura (ver numerales 2.1 a 2.3), se pueden emplear otras fuentes de calor, como una estufa eléctrica o a gas, lámparas eléctricas de calentamiento, o un horno microondas ventilado.
- 3.3** *Recipiente para la muestra* – Que no se afecte por el calor; de un tamaño suficiente para contener la muestra sin peligro de derramamiento, y con una forma tal, que el espesor de la muestra depositada no exceda de un quinto de la menor dimensión lateral.
- 3.3.1** *Precaución* – Cuando se utilice un horno microondas, el recipiente no deberá ser metálico.

*Nota 1: Cuando las muestras no son muy grandes, una sartén corriente resulta adecuada para usar sobre una estufa. También, se puede usar una bandeja poco profunda de fondo amplio y plano, con lámparas de calentamiento o con un horno.*

- 3.4** *Agitador* – Cuchara metálica o espátula, de tamaño adecuado.

## 4 MUESTREO

---

- 4.1** El muestreo se hará, generalmente, de acuerdo con lo establecido en la norma INV E-201, excepto en lo relacionado con el tamaño de la muestra.
- 4.2** Se obtiene una muestra del agregado, representativa del contenido de agua que tiene la provisión que va a ser ensayada, cuya masa no sea inferior a la indicada en la Tabla 216 - 1.

## 5 PROCEDIMIENTO

---

- 5.1** Se determina la masa de la muestra, con aproximación del 0.1 %.
- 5.2** Se seca totalmente la muestra en el recipiente, utilizando la fuente de calor escogida y cuidando que no se pierdan partículas del agregado. Un calentamiento demasiado rápido puede ocasionar la explosión de algunas

partículas, con la pérdida consecuente. Se debe usar un horno de temperatura controlable cuando el calor excesivo pueda alterar las características del agregado o cuando se requiera una medida más precisa de la humedad. Si se utiliza una fuente de calor distinta a un horno con temperatura controlable, la muestra se debe agitar durante el secado, para acelerar la operación y evitar sobrecalentamientos localizados. Cuando se utilice un horno microondas, la agitación de la muestra es opcional.

**5.2.1 Advertencia** – Cuando se utiliza el horno microondas minerales que ocasionalmente están presentes en el agregado, pueden causar un sobrecalentamiento de las partículas haciéndolas explotar. Si esto ocurre, el horno se puede dañar.

Tabla 216 - 1. Tamaño de la muestra de agregados con masa normal<sup>A</sup>

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO		MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA, kg
ABERTURA DEL TAMIZ EN mm	ABERTURA DEL TAMIZ EN PULGADAS O NÚMERO DE TAMIZ	
4.75	No. 4	0.5
9.5	3/8"	1.5
12.5	½"	2
19.0	3/4"	3
25.0	1"	4
37.5	1½"	6
50.0	2"	8
63.0	2½"	10
75.0	3"	13
90.0	3½"	16
100.0	4"	25
150.0	6"	50

<sup>A</sup> Para determinar la masa mínima de muestras de agregados livianos, se multiplica el valor señalado por la masa unitaria suelta seca del agregado, en kg/m<sup>3</sup>, y se divide por 1600.

**5.3** Cuando se utiliza una placa de calentamiento, el secado se puede facilitar aplicando el siguiente procedimiento: Se añade suficiente cantidad de alcohol etílico anhidro desnaturalizado, como para cubrir la muestra húmeda. Se agita y se permite que las partículas suspendidas se depositen. Se decanta tanto alcohol como sea posible, sin que se pierdan partículas de material. Se prende fuego al alcohol restante y se deja quemar durante el secado sobre la plancha calentadora.

- 5.3.1** *Advertencia* – Se debe cuidar la operación de encendido, para prevenir quemaduras o daños cuando el alcohol se esté quemando.
- 5.4** La muestra estará enteramente seca, cuando un calentamiento posterior cause menos del 0.1 % de pérdida de masa.
- 5.5** Se determina la masa de la muestra seca con aproximación del 0.1 %, después de que se ha enfriado lo suficiente para no producir daños a la balanza.

## 6 CÁLCULOS

---

- 6.1** Se calcula el contenido total de agua evaporable, como sigue:

$$w_p = \frac{W - D}{D} \times 100 \quad [216.1]$$

Donde:  $w_p$ : Humedad evaporable de la muestra, %;

W: Masa original de la muestra, g;

D: Masa de la muestra secada, g.

- 6.2** La humedad superficial es igual a la diferencia entre el contenido total de agua evaporable y la absorción, con todos los valores basados en la masa de la muestra seca. La absorción se puede determinar a partir de los ensayos descritos en las normas INV E-222, para agregados finos, e INV E-223, para agregados gruesos.

## 7 PRECISIÓN Y SESGO

---

### 7.1 *Precisión:*

- 7.1.1** Se encontró que la desviación estándar en el laboratorio para el contenido de humedad de agregados, teniendo en cuenta un solo operario es de 0.28 % (nota 2). Por lo tanto, los resultados de dos pruebas, conducidas correctamente por el mismo operario, en el mismo laboratorio, usando una muestra de agregado del mismo tipo, no deberían diferir entre sí en más de 0.79 % (nota 2).

- 7.1.2** Se encontró que la desviación estándar para el contenido de humedad de agregados, determinada en laboratorios diferentes, es de 0.28 % (nota 2). Por lo tanto, los resultados de pruebas conducidas correctamente en dos laboratorios, sobre la misma muestra de agregado, no deberían diferir entre sí en más de 0.79 % (nota 2).
- 7.1.3** Los datos de prueba empleados para derivar los índices de precisión dados anteriormente, fueron obtenidos empleando muestras secadas hasta obtener una masa constante, en un horno mantenido a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ \text{C}$ . Cuando se empleen otros procedimientos de secado, la precisión de los resultados puede ser significativamente diferente a la indicada.

*Nota 2: Estos números representan, respectivamente, los límites de 1s y d2s, como se describe en la norma ASTM C 670.*

## 7.2 Sesgo:

- 7.2.1** Al comparar resultados experimentales con valores conocidos de especímenes compuestos con exactitud, se encontró lo siguiente:
- 7.2.1.1** El sesgo de los resultados de las pruebas de humedad sobre un agregado, tenía un promedio de  $+ 0.06\%$ . El sesgo de los valores de pruebas individuales del mismo agregado, según se halló con 95 % de precisión, estaba entre  $- 0.07\%$  y  $+ 0.20\%$ .
- 7.2.1.2** El sesgo de los resultados de las pruebas de humedad sobre un segundo agregado tenía un promedio de  $< + 0.01\%$ . El sesgo de los valores de pruebas individuales sobre el mismo agregado, según se halló con 95 % de precisión, estaba entre  $- 0.14\%$  y  $+ 0.14\%$ .
- 7.2.1.3** El sesgo de los resultados de todas las pruebas de humedad sobre ambos agregados, tenía un promedio de  $+ 0.03\%$ . El sesgo de los valores de pruebas individuales del total de ambos agregados, según se halló con 95 % de precisión, estaba entre  $- 0.12\%$  y  $+ 0.18\%$ .
- 7.2.2** Los datos de las pruebas usadas para derivar las declaraciones de sesgo, fueron obtenidos de muestras secadas hasta una masa constante, en un horno secador mantenido a  $110 \pm 5^\circ \text{C}$ . Si se emplean otros procedimientos de secado, el sesgo de los resultados puede ser significativamente diferente al indicado anteriormente.

*Nota 3: Estos informes sobre precisión y sesgo fueron derivados de datos de humedad de agregados suministrados por 17 laboratorios que participaron en el SHRP – Soil Moisture Proficiency Sample Program el cual está descrito en detalle en el Report SHRP-P-619. Las muestras ensayadas fueron mezclas bien gradadas de agregado fino y grueso, con contenidos de agua que variaron desde seco al aire hasta saturado y superficialmente seco.*

## 8 NORMAS DE REFERENCIA

---

ASTM C 566 – 97 (2004)