

---

**NORMA CUBANA**

**NC**

886: 2012

---

**ÁRIDOS — EVALUACIÓN DE FINOS — ENSAYO DEL  
EQUIVALENTE DE ARENA**

**Aggregates — Assessment of fines — Sand equivalent test**

---

ICS: 91.100.15

1. Edición      Mayo 2012  
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 El Vedado, La Habana. Cuba.  
Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio  
Web: www.nc.cubaindustria.cu



Cuban National Bureau of Standards

**NC 886: 2012**

## **Prefacio**

La Oficina Nacional de Normalización (NC) es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

### **Esta Norma Cubana:**

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 23 de Áridos, integrado por representantes de las siguientes entidades:
  - Ministerio de la Construcción
  - Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de la Construcción
  - Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas
  - Empresa de Canteras Habana
  - Empresa de Hormigón y Terrazo
  - Empresa de Servicios Minero Geológicos
  - Empresa Productora Materiales de Construcciones
  - Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría
  - Oficina Nacional de Normalización
  
- Para su elaboración se han tomado los aspectos relevantes de la Norma Europea EN 933 -8: 1999 *Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de finos — Ensayo del equivalente de arena.*

**© NC, 2012**

**Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:**

**Oficina Nacional de Normalización (NC)**

**Calle E No. 261, El Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.**

**Impreso en Cuba.**

## 0 Introducción

**0.1** Para realizar el ensayo objeto de esta norma es necesario realizar un correcto muestreo del material que se desee caracterizar ya que el valor que se obtiene como resultado de la evaluación corresponde a la totalidad del material que se analiza.

**0.2** La muestra debe ser representativa de la naturaleza del árido que se evalúa, de sus características y de las condiciones en que se encuentra.

**0.3** El personal dedicado al muestreo debe estar calificado en este desempeño, disponer de las normas de especificaciones y ensayo de áridos y observar las normas de protección e higiene inherentes a este proceso.

**0.4** Los equipos e implementos utilizados estarán limpios, libres de contaminación de restos de materiales producto de ensayos anteriores y secos.

## ÁRIDOS — EVALUACIÓN DE FINOS — ENSAYO DEL EQUIVALENTE DE ARENA

### 1 Objeto

Esta Norma Cubana establece la proporción en que se encuentran los granulares y el material arcilloso presentes en un árido con elevado contenido de partículas inferiores al tamiz de 0,074 mm, cuantificando su nivel de limpieza.

Es particularmente útil para indicar, bajo condiciones estándar, las proporciones de arcillas, finos plásticos y polvo que se presentan en suelos granulares y agregados finos sobre la fracción que pasa el tamiz N° 2 (0 mm - 2 mm) de los áridos naturales. Asimismo, se permite su aplicación sobre la fracción que pasan el tamiz N° 4 (4,75 mm), pero limitando la humedad máxima portante del árido.

### 2 Referencias normativas

Los documentos que se mencionan seguidamente son indispensables para la aplicación de esta Norma Cubana. Para las referencias fechadas, sólo se toma en consideración la edición citada. Para las no fechadas, se toma en cuenta la última edición del documento de referencia (incluyendo todas las enmiendas).

NC XX Materiales de la construcción. Áridos. Términos y definiciones (En revisión)

NC 178:2002 Áridos. Análisis granulométrico

NC 671:2008 Áridos. Toma de Muestras

NC 184:2002 Arena. Determinación de la humedad superficial. Método de ensayo

### 3 Términos y definiciones

A los fines de esta Norma Cubana se aplican los términos y las definiciones indicadas en la NC XX.

### 4 Requisitos

#### 4.1 Fundamento del método

Este método es suficientemente preciso para los propósitos de aplicaciones de los áridos que no están limpios permitiendo su empleo en dosificaciones del hormigón hidráulico y asfáltico.

Básicamente el ensayo se fundamenta en liberar de la muestra de ensayo los posibles recubrimientos de arcilla adheridos a las partículas de arena mediante la adición de una solución coagulante que favorece la suspensión de las partículas finas sobre la arena, determinando su contenido respecto a las partículas de mayor tamaño.

Para la realización del método se requiere que existan en el laboratorio condiciones controladas de temperatura y humedad.

El método está diseñado para realizarse de forma mecanizada.

## 4.2 Reactivos y soluciones empleadas

### 4.2.1 Solución concentrada

#### 4.2.1.1 Componentes y cantidades

Para realizar el ensayo se emplea una solución concentrada de cloruro de calcio compuesta por:

- a) Cloruro de calcio cristalino.  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , o cloruro de calcio anhidro,  $\text{CaCl}_2$ :  $(219 \pm 2)$  g
- b) Glicerina, 99 % de glicerol, calidad de reactivo de laboratorio:  $(480 \pm 5)$  g
- c) Solución de formaldehído, 40 % en volumen de calidad de reactivo de laboratorio:  $(12,5 \pm 0,5)$  g.
- d) Agua destilada o desmineralizada:  $(350 \pm 50)$  ml

#### 4.2.1.2 Modo de preparación de la solución concentrada

Para preparar 1 litro de la solución de cloruro de calcio se procede de la siguiente forma:

Se disuelven  $(219 \pm 2)$  g de cloruro de calcio cristalino en  $(350 \pm 50)$  ml de agua destilada o desmineralizada.

La solución se enfría a temperatura ambiente y si es necesario se filtra, empleando para ello un papel de filtro de grosor medio o grueso.

Se añaden  $(480 \pm 5)$  g de glicerina y  $(12,5 \pm 0,5)$  g de solución de formaldehído.

Todo se diluye mezclando enérgicamente y se agrega más agua destilada o desmineralizada hasta llegar a 1 litro.

NOTA 1 219 g de  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  equivalen a 111 g de cloruro de calcio anhidro  $\text{CaCl}_2$ .

NOTA 2 Se aconseja conservar la solución concentrada en frascos de plástico transparente de  $(125 \pm 1)$  ml y protegida de la luz.

### 4.2.2 Disolución lavadora

#### 4.2.2.1 Componentes y cantidades

Para obtener 5 L de disolución lavadora de cloruro de calcio se utiliza:

- a) Solución concentrada de cloruro de calcio:  $(125 \pm 1)$  ml
- b) Agua destilada o desmineralizada: Cantidad suficiente hasta obtener  $(5 \pm 0,01)$  L

#### 4.2.2.2 Modo de preparación de la disolución lavadora

Previo a la preparación de la disolución lavadora, sacudir enérgicamente la solución concentrada.

A continuación enjuagar varias veces el recipiente donde se va a preparar con agua destilada o desmineralizada, Se recomienda utilizar un matraz de 5 L

Mezclar  $(125 \pm 1)$  ml de la solución concentrada con agua destilada o desmineralizada suficiente hasta completar  $(5 \pm 0,01)$  L

NOTA 3 La disolución lavadora no debe emplearse 28 días después de su preparación Tampoco debe emplearse si se pone turbia, si se observa la formación de precipitado, o si aparece moho.

## 5 Equipos y utensilios

Para la realización de este ensayo es necesaria la utilización de los siguientes instrumentos y equipos:

a. Dos probetas cilíndricas graduadas, de vidrio o plástico transparente (Véase Figura 1), provista de tapones de caucho y que tengan las siguientes dimensiones:

- Espesor de las paredes: unos 3 mm.
- Diámetro interior:  $(32 \pm 0,5)$  mm.
- Altura:  $(430 \pm 0,25)$  mm.

Cada probeta tendrá dos marcas claramente visibles, situadas:

- A  $(100 \pm 0,25)$  mm, desde la base y,
- A  $(380 \pm 0,25)$  mm, desde la base

Medidas en milímetros

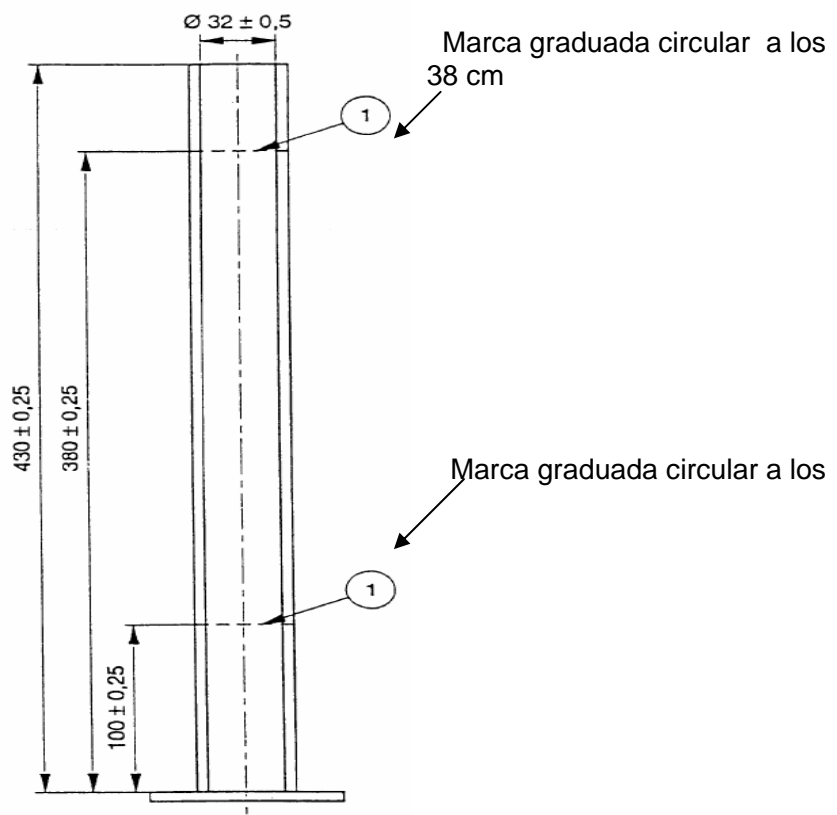


Figura 1 — Probeta cilíndrica graduada

b. Pistón para el ensayo (Véase Figura 2), consistente en:

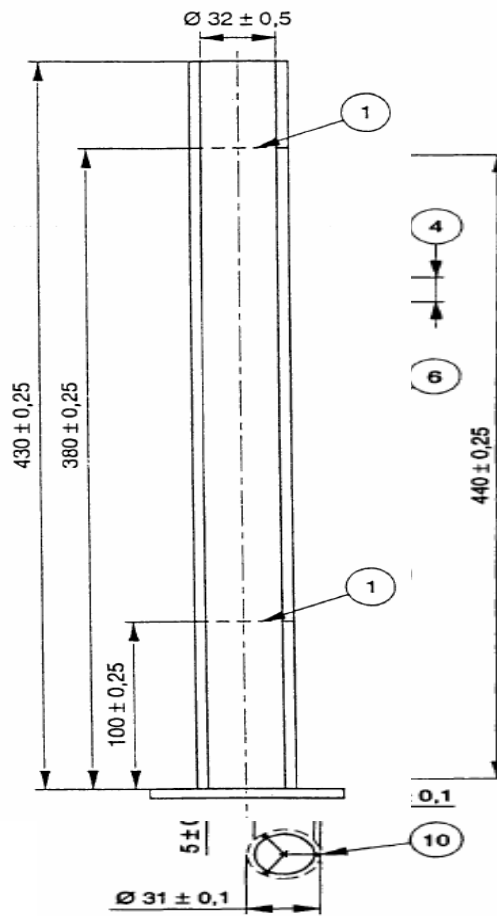
- Una varilla de  $(440 \pm 0,25)$  mm de longitud.
- Pie de  $(25 \pm 0,1)$  mm de diámetro, de superficie inferior plana, lisa y normal al eje de la varilla, al cual se incorporan tres tornillos laterales para el centrado del pistón en la probeta, permitiendo una pequeña holgura.
- Un disco de  $(10 \pm 0,1)$  mm de espesor, que se adapte a la parte superior de la probeta graduada, para que actúe como guía de la varilla y para indicar, al mismo tiempo, la distancia hasta la que se introduce el pistón dentro de la probeta. El disco deberá tener un tornillo para bloquear la varilla del pistón y una ranura para la regla graduada.
- El extremo superior de la varilla, llevará fijado un lastre cilíndrico de características tales que el conjunto (varilla, pie y lastre) tenga una masa total de  $(1 \pm 0,01)$  kg.
- Las partes del pistón que se sumergen deberán ser de un metal anticorrosivo.

NOTA 1 Antes de emplear por primera vez un pistón o una probeta graduada, se deberá colocar el conjunto del pistón en la probeta vacía.

NOTA 2 Con el disco descansando sobre el borde de la probeta, la separación entre la cara superior del disco y la cara inferior de la cabeza del pistón no debe ser superior a 0,5 mm.

NOTA 3 Si esta separación excede de 0,5 mm, o si el pie no llega hasta el fondo de la probeta, no deberá emplearse esta combinación de pistón y probeta graduada (Véase figura 2).

Medidas en milímetros



**Leyenda**

1. Cabeza del pistón cuyas dimensiones son tales que el conjunto del pistón, excluyendo el disco y tornillo del bloqueo tengan una masa de  $(1 \pm 0,01)$  mm.
2. Tornillo de bloqueo.
3. Disco.
4. Dimensión señalada en la figura de aproximadamente 15 mm.
5. Dimensión señalada en la figura de aproximadamente  $\varnothing 60$ .
6. Ranura para la regla.
7. Varilla.
8. Dimensión señalada en la figura de aproximadamente  $\varnothing 6$ .
9. Pie o base del pistón
10. Tres guías.

**Figura 2 — Pistón para el ensayo**



- c. Cronómetro (s), con una precisión de 1 seg
- d. Regla de 500 mm, graduada
- e. Tamiz de ensayo, con aberturas cuadradas de 2 mm, con fondo (si fuera necesario).
- f. Una escobilla para limpieza de tamices.
- g. Espátula.
- h. Tubo lavador (Véase Figura 3), constituido por un tubo rígido de metal anticorrosivo con las siguientes dimensiones:

- Diámetro exterior:  $(6 \pm 0,5)$  mm
- Diámetro interior:  $(4 \pm 0,2)$  mm
- Longitud aproximada: 500 mm

El tubo lavador deberá contar con un grifo en la parte superior. El extremo del tubo (Véase Figura 4) deberá ser cónico, hecho de metal anticorrosivo y deberá tener un acoplamiento roscado (tornillo).

Deberán hacerse dos orificios de  $(1 \pm 0,1)$  mm de diámetro en puntos diametralmente opuestos de la superficie del cono.

Medidas en milímetros

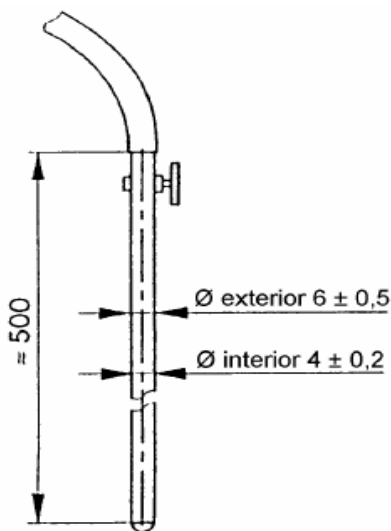


Figura 3 — Tuvo lavador

Unión roscada  
al tubo lavador

Dos orificios  
 $\varnothing (1 \pm 0,1)$ .

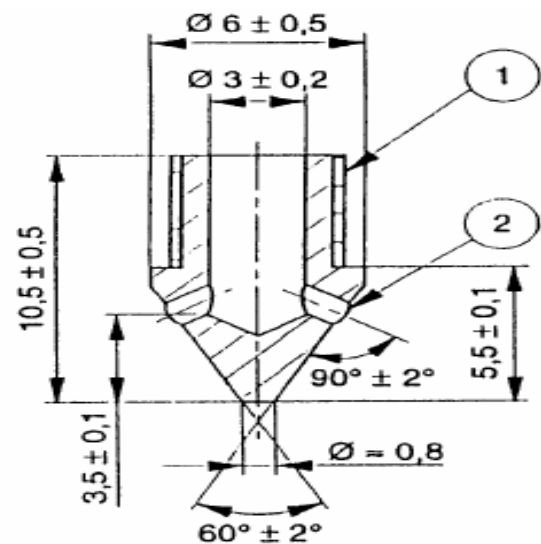


Figura 4 — Detalle del extremo del tubo lavador

- i. Botella de vidrio o de plástico transparente de 5 L de volumen, provisto de un sistema de sifón, cuya base esté colocada aproximadamente 1 m por encima de la mesa de trabajo.
- j. Tubo de plástico o de caucho, con una longitud aproximada de 1,5 m y un diámetro interior aproximado de 5 mm, para unir el tubo lavador al sifón.
- k. Embudo, para pasar la muestra de ensayo a la probeta graduada (Véase Figura 5).

Medidas en milímetros

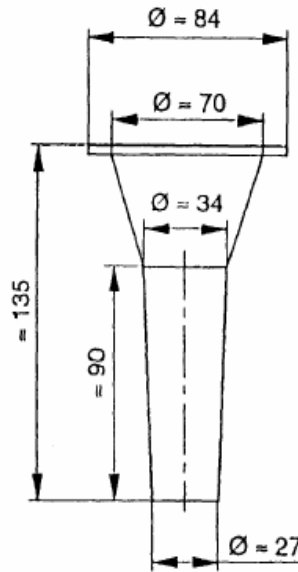


Figura 5 — Embudo

- l. Máquina de agitación, capaz de imprimir a la probeta graduada un movimiento horizontal, rectilíneo periódico y sinusoidal de  $(200 \pm 10)$  mm de amplitud, con un período de 1/3 de seg.
- m. Termómetro, con una precisión de  $1^\circ\text{C}$ .
- n. Balanza, con una precisión de  $\pm 0,1\%$  de la masa que se deba pesar.
- ñ. Papel de filtro, de grosor medio o grueso.

NOTA 4 Todos los equipos y utensilios empleados deberán estar debidamente calibrados por un organismo competente para garantizar la calidad de la medición

## 6 Procedimiento de ensayo

### 6.1 Preparación de las muestras de ensayo

La muestra de ensayo se reduce mediante cuarteo para obtener dos submuestras representativas del árido que se evalúa; una para determinar la humedad del material y otra para la realización del ensayo (Ver NC 671).

Para realizar el ensayo se recomienda una masa mínima de 350 g y para la determinación de la humedad otros 350 g por lo que el tamaño de la muestra no debe ser inferior a los 700 g.

La muestra reducida debe pasarse por el tamiz N° 2 ó N° 4 según sea la fracción a evaluar, rechazando lo que quede en el tamiz que se evalúa (Ver NC 178).

La muestra debe conservar su contenido de humedad, por lo que debe mantenerse encerrada en una bolsa de plástico hermética; de lo contrario humedecerse durante su almacenamiento en el laboratorio para evitar la pérdida del material fino.

Para realizar el ensayo, la humedad de la muestra reducida y tamizada debe encontrarse entre  $(0 - 2) \%$

Si la humedad de la muestra es superior al 2 %, ésta debe reducirse hasta que sea inferior a ese valor. Para ello la muestra debe colocarse expuesta en el laboratorio a temperatura controlada de  $(23 \pm 3) ^\circ\text{C}$ , permaneciendo así en la sala de ensayo el tiempo que se requiera hasta que se obtenga el valor de humedad indicado. Nunca emplear la estufa.

Si se realiza el ensayo sobre la fracción 0,4 mm, el procedimiento es el mismo pero el contenido de humedad tiene que ser inferior al 8 %.

La masa de cada submuestra que se prepare para realizar el ensayo procedente de la bolsa de plástico hermética se calcula redondeando al gramo más próximo mediante la siguiente expresión:

$$\text{Masa de la submuestra} = \frac{120 (100+W)}{100} \quad (\text{gramos})$$

donde

$W_{\text{unitaria}}$ : Contenido de humedad de la arena (porcentaje sobre masa seca)

Para realizar este cálculo es necesario que previamente se determine el porcentaje de humedad de la muestra.

Para determinar el contenido de humedad de la muestra se recomienda:

- Pesarse dos submuestras de (130 – 140) g colocándolas sobre bandejas y anotando su masa ( $m_h$ )
- Las submuestras son colocadas en la estufa a una temperatura de  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ . hasta que las masas de las submuestras sean constantes (la diferencia entre dos masas consecutivas en el transcurso de una hora es inferior al 0,1 %)
- Pesarse las submuestras una vez secas ( $m_s$ ). El valor medio de humedad de ambas es el valor de la humedad.

La humedad ( $W_{\text{unitaria}}$ ) se determina mediante la expresión:

$$\% W_{\text{unitaria}} = [(m_h - m_s) / m_s] \cdot 100$$

donde

$m_h$ : Peso de la muestra húmeda

$m_s$ : Peso de la muestra seca

NOTA Si la muestra de ensayo se toma de una muestra total de áridos, para obtener la fracción requerida (fracción granulométrica 0 mm - 2 mm o 0 mm - 4 mm), la muestra de laboratorio deberá ser tamizada por un tamiz de 2 mm o de 4,75 mm, protegido con un tamiz de seguridad y empleando una escobilla para la limpieza de tamices con el objeto de asegurar la separación y recogida efectiva de todas las partículas de la fracción granulométrica que se desee evaluar.

## 6.2 Llenado de las probetas graduadas

El contenido de las cápsulas se deposita en las probetas graduadas con la ayuda del embudo.

A cada probeta se le adiciona la disolución lavadora de Cloruro de Calcio (que fue previamente preparada) hasta alcanzar la marca inferior de 10 cm, manteniéndolas siempre en posición vertical.

Se golpea varias veces la base de cada probeta sobre la palma de la mano, para desalojar las burbujas de aire que pueden estar dentro de ellas y favorecer el contacto total de la disolución con la sub muestra.

Se deja reposar cada probeta durante  $(10 \pm 1)$  min., para remojar inicialmente la sub muestra.

## 6.3 Lavado del árido con la disolución de cloruro de calcio

El lavado del árido se realiza en dos partes.

La primera consiste en un proceso de agitación inicial. Para ello después de que las probetas reposaron el tiempo establecido, se tapa la primera con uno de los tapones de caucho y se fija en la máquina de agitación para comenzar a sacudir durante  $(30 \pm 1)$  s. Transcurrido ese tiempo la probeta se vuelve a colocar en la mesa de ensayos, en posición vertical.

NOTA Es conveniente que el tiempo de agitación sea equivalente a  $(90 \pm 3)$  ciclos empleando el aparato especificado en 4,2 (Máquina de agitación).

Se repite el proceso de agitación con la segunda probeta.

Terminado el proceso de agitación inicial con las dos probetas, se procede a la segunda parte del proceso de lavado; para ello se quita el tapón de caucho de la primera de las probetas y se vuelve a adicionar disolución lavadora de cloruro de calcio para terminar el proceso de lavado del árido.

Para esto se emplea el tubo lavador el cual se introduce en la probeta, enjuagando, en primer lugar las paredes, después, se enjuaga todo el interior del tubo de arriba hacia abajo, a través del sedimento y hacia el fondo de la probeta. para asegurar que todo el material que está dentro de la probeta ha sido lavado totalmente con la disolución.

Terminado este proceso se mantiene la probeta en posición vertical, dejando que la solución lavadora realice su función para que favorezca la subida de los finos y los componentes arcillosos. A continuación, la probeta se coloca en el equipo y se le aplica un movimiento lento de rotación a la vez que el tubo lavador se desplaza de forma ascendente.

Cuando el nivel de líquido (disolución) se aproxime a la marca superior de la probeta (38 cm), se levanta lentamente el tubo lavador y se regula el caudal de entrada de la disolución para que el nivel del líquido se mantenga constante en la marca superior de la probeta.

Una vez que el tubo se ha retirado por completo y se haya cortado el aporte del líquido se comienza a medir el tiempo de sedimentación.

Se repite el proceso de lavado con la segunda probeta.

## 6.4 Medidas

Para medir y calcular el equivalente de arena (valor denominado internacionalmente como SE), las probetas se dejan reposar durante  $(20 \pm 0,25)$  min en un lugar sin perturbaciones ni vibraciones, verificando si se aprecia visualmente una separación entre el floculado y la arena.

Transcurrido este período, se baja suavemente el pistón en la probeta, hasta que su pie repose sobre el sedimento.

NOTA 1 Durante esta operación, el disco deslizante, no debe bloquear la varilla del pistón y entrará en contacto con la parte superior de la probeta.

Se coloca el disco en la parte superior de la probeta y después se bloquea la varilla del pistón. Con la ayuda de la regla de 500 mm, se determina la altura del sedimento ( $h_2$ ) midiendo la distancia entre la cara inferior del lastre cilíndrico del pistón y la cara superior del disco y la altura total del floculado + arena ( $h_1$ ). Para ello se introduce la regla graduada en la ranura del mismo. Se anotan las alturas  $h_1$  y  $h_2$  redondeadas al milímetro más próximo. Se miden y anotan las alturas  $h_1$  y  $h_2$  de la segunda y la tercera probeta de la misma manera. Las medidas se realizan con relación a la base de la probeta como indica la Figura 6.

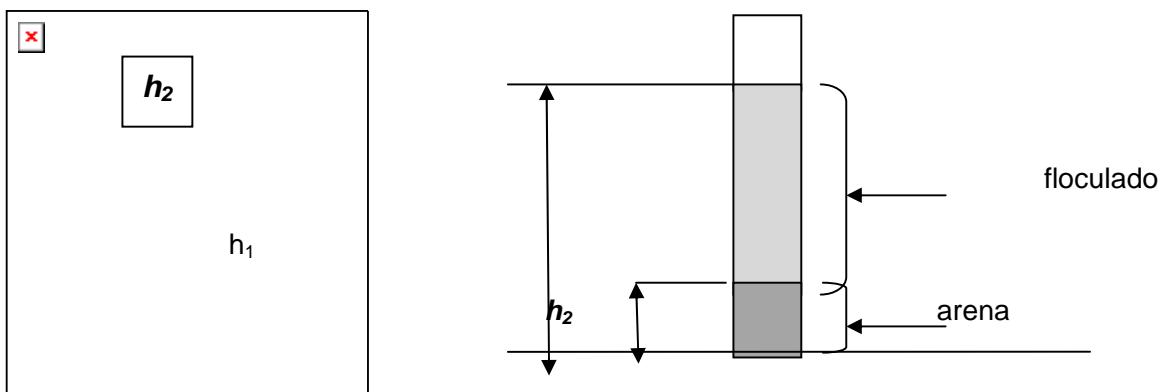


Figura 6 — Medida de  $h_1$  y  $h_2$

NOTA 2 En algunas de las normas de referencia, la medida  $h_2$  es la distancia que se toma desde el borde inferior del embolo y el borde superior de la probeta. Esta medida coincide con la indicada para  $h_2$  en la Figura 6.

## 7 Cálculo y expresión de los resultados

Se calcula la expresión  $(h_2/h_1) \times 100$  para cada probeta, con una precisión de una cifra decimal. Si ambos valores difieren en más de 4, se debe repetir el ensayo. Se calcula el valor del equivalente de arena (S.E.) como la media de las expresiones  $(h_2/h_1) \times 100$ , obtenidas para cada probeta y se anota el resultado, redondeado al número entero más próximo.

El equivalente de arena se deduce de la siguiente fórmula:

$$S.E. = \frac{h_2}{h_1} 100$$

donde

$h_1$ : Lectura del nivel superior del floculado con relación a la base de la probeta

$h_2$ : Lectura de la altura del sedimento con relación a la base de la probeta

Si el equivalente de arena en una muestra está por debajo del que marcan las especificaciones de dicho material, se harán dos ensayos adicionales con la misma muestra y se tomará el promedio de los tres como equivalente de arena.

Si el árido es perfectamente limpio, el valor de S.E. será cero porque no se produce floculación

## 8 Informe del ensayo

### 8.1 Datos obligatorios

El informe de ensayo deberá contener la siguiente información:

- a) la referencia a esta Norma Cubana
- b) la identificación del laboratorio
- c) la identificación de la muestra
- d) los valores del equivalente de arena, S.E., redondeados al número entero más próximo
- e) la fecha de recepción de la muestra
- f) el certificado de la muestra, si se dispone de él

### 8.2 Datos opcionales

El informe del ensayo puede incluir la siguiente información:

- a) el nombre y la localización del yacimiento del que se ha extraído la muestra
- b) la descripción del material y de la toma de muestra, así como el procedimiento empleado para la reducción de la muestra
- c) las masas de las submuestras
- d) el contenido de humedad de las submuestras
- e) la fecha de realización del ensayo

### Bibliografía

- [1] ASTM C 702/C 702 M - 11 Standard Practices for Reducing Field Samples of Aggregate to Testing Size
- [2] UNE-EN 932 - 2: 1999 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 2: Métodos para la reducción de muestras de laboratorio
- [3] UNE-EN 932 - 5: 2000 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 5 Equipo común y calibración.
- [4] UNE-EN 933 - 8: 2000 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayos del equivalente de arena.
- [5] NLT-113/87 Equivalente de Arena.
- [6] Laboratorio Oficial para Ensayo de Materiales de Construcción (LOEMCO), AENOR, Procedimiento de ensayo/2000 Evaluación de los finos