

DETERMINACIÓN DEL VALOR DEL 10% DE FINOS

INV E – 224 – 13

1 OBJETO

- 1.1** Este norma cubre un procedimiento para evaluar la resistencia mecánica de un agregado grueso al aplastamiento cuando es sometido a un esfuerzo de compresión, determinando la carga necesaria para que el agregado produzca 10 % de finos, constituidos por el material que pasa el tamiz de 2.36 mm (No. 8).
- 1.2** Esta norma reemplaza la norma INV E–224–07.

2 RESUMEN DEL MÉTODO

- 2.1** Se compacta en un cilindro metálico una muestra de agregado de tamaño especificado, aplicándole golpes con una varilla. La muestra compactada se somete gradualmente a un esfuerzo de compresión, a causa del cual sus partículas se van fragmentando en una cuantía que depende de su resistencia al aplastamiento. El grado de fragmentación del agregado se evalúa mediante el tamizado del espécimen a través de un tamiz de 2.36 mm (No. 8), luego de terminada la compresión. El procedimiento se realiza con varias cargas de compresión, con el fin de establecer la carga con la cual se produce en el agregado un 10 % de finos.

3 IMPORTANCIA Y USO

- 3.1** Los materiales granulares de los pavimentos asfálticos están sometidos a elevados esfuerzos interparticulares debido a la acción de las cargas del tránsito. Cada capa del pavimento debe soportar los esfuerzos que recibe y disiparlos con el fin de transmitirlos en magnitud apropiada a las capas subyacentes. Es importante, por lo tanto, que los materiales de cada capa soporten los esfuerzos recibidos sin desintegrarse. El ensayo del 10 % de finos contribuye en la evaluación del comportamiento de un agregado pétreo cuando se somete a degradación mecánica.

4 EQUIPO

4.1 *Conjunto de acero para montar la muestra en el dispositivo de compresión* – Un conjunto de acero, descrito en la Figura 224 - 1 y en la Tabla 224 - 1, el cual está constituido por:

4.1.1 *Un cilindro de ensayo* – Un cilindro de 154 ± 0.5 mm de diámetro interior, 125 a 140 mm de altura y un espesor mínimo de pared de 16 mm.

4.1.2 *Placa de base* – Una placa de base cuadrada de 200 a 300 mm de lado y espesor mínimo de 10 mm. La placa debe tener una muesca o abatimiento de una profundidad 2.0 mm y del diámetro adecuado para que el cilindro de ensayo encaje perfectamente en ella.

4.1.3 *Pistón* – Un pistón para aplicar esfuerzos de compresión a la muestra, de 152 ± 0.5 mm de diámetro.

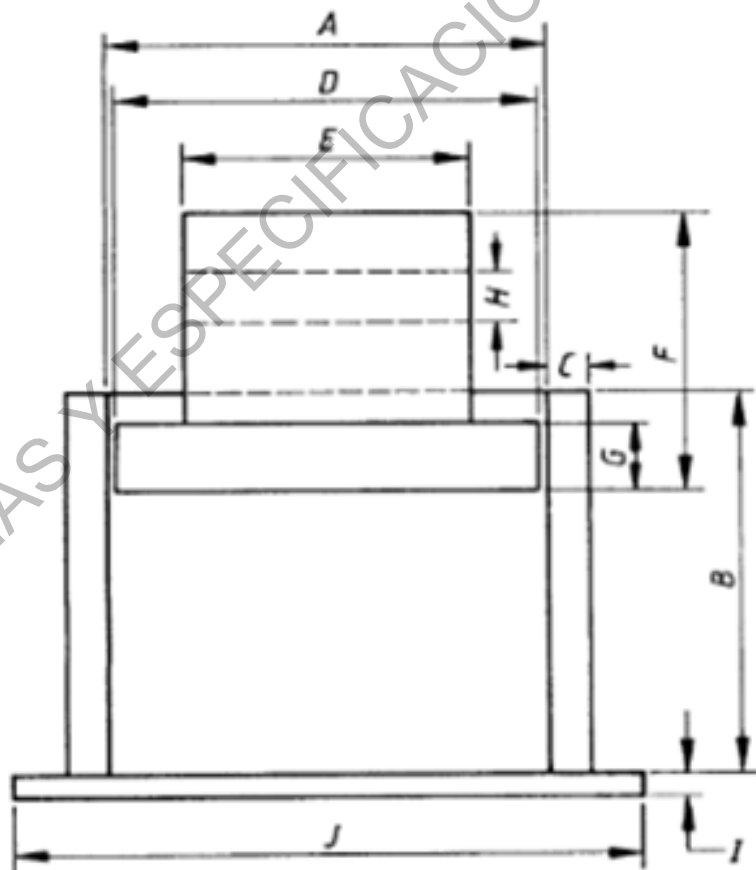


Figura 224 - 1. Conjunto de acero para el ensayo de 10% de finos

Tabla 224 - 1. Dimensiones básicas del conjunto de acero para el ensayo del 10 % de finos

COMPONENTE	DIMENSIONES (VER FIGURA 224 - 1)	CILINDRO DE DIÁMETRO INTERNO NOMINAL DE 150 mm	CILINDRO DE DIÁMETRO INTERNO NOMINAL DE 75 mm (VER ANEXO A)
		mm	mm
Cilindro	Diámetro interior, A Altura interior, B Espesor mínimo de pared, C	154 ± 0.5 125 a 140 16.0	78 ± 0.5 70 a 85 8.0
Pistón	Diámetro del pistón, D Diámetro del vástago, E Longitud total del pistón más el vástago, F Espesor mínimo del pistón, G Diámetro del orificio, H	152 ± 0.5 > 95 y ≤ D 110 a 115 ≥ 25 20 ± 0.1	76 ± 0.5 > 45 y ≤ D 60 a 80 ≥ 19 20 ± 0.1
Placa de base	Espesor mínimo, I Lado, J ^A	10 200 a 230	10 110 a 115

^A La placa de base también puede ser circular. En tal caso, su diámetro se deberá encontrar entre 250 y 300 mm

- 4.2 Varilla para compactación** – Una varilla cilíndrica de sección circular recta de 16 ± 1 mm de diámetro, y de 600 ± 5 mm de longitud, con un extremo semiesférico (Figura 224 - 2).
- 4.3 Recipiente cilíndrico de medida** – Un recipiente cilíndrico de 115 ± 1 mm de diámetro interior y 180 ± 1 mm de altura, el cual tendrá como función proporcionar una medida de la muestra para el ensayo (Figura 224 - 2).
- 4.4 Balanza** – Con precisión de 1.0 g y una capacidad no menor de 3 kg.
- 4.5 Tamices** – Tamices de 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ "), 9.5 mm ($\frac{3}{8}$ ") y 2.36 mm (No. 8), con tapa y la base respectiva.
- 4.6 Bandeja** – Una bandeja metálica de tamaño suficiente para manejar 3 kg de agregados.
- 4.7 Pala** – Una pala de cabo corto.

- 4.8** *Máquina para aplicar esfuerzos de compresión* – Un sistema de carga o una prensa, con la capacidad de aplicar cargas hasta de 500 kN, con una de sus bases articulada, y que garantice la transmisión de cargas de una manera uniforme para alcanzar la carga máxima de ensayo en 10 minutos.
- 4.9** *Horno* – Termostáticamente controlado y que pueda mantener una temperatura constante de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$).
- 4.10** *Una o más canastas de tela de alambre* – Con aberturas no mayores de 6.35 mm ($\frac{1}{4}$ "), o un recipiente perforado de tamaño adecuado y con una manija que permita su suspensión.
- 4.11** *Recipiente impermeable* – Dentro del cual se sumergen las canastas en agua.
- 4.12** *Elementos accesorios* – Mazo de caucho, cepillo con cerdas rígidas, regla metálica, toallas o papel absorbente, suministro de agua limpia.

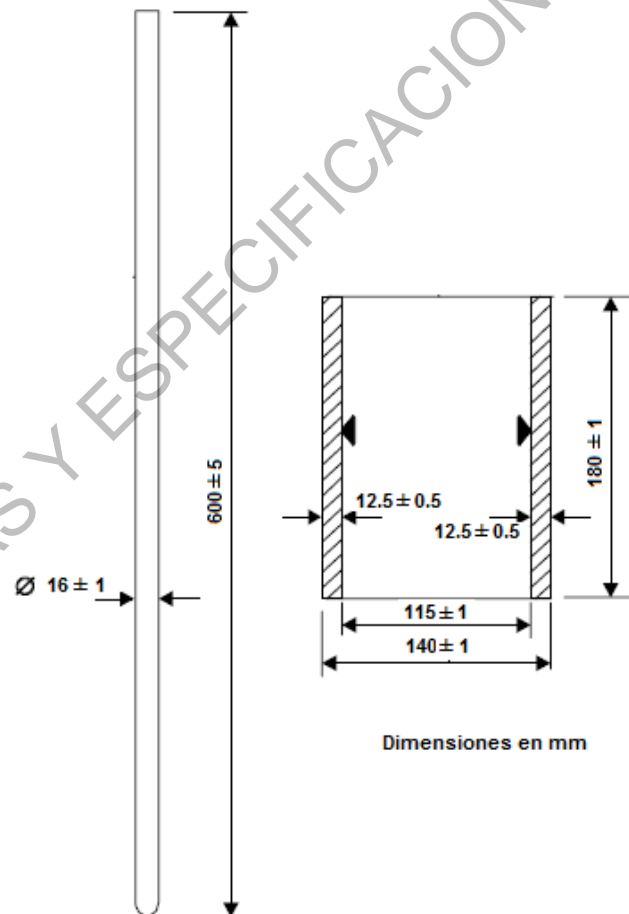


Figura 224 - 2. Varilla para compactación y recipiente cilíndrico de medida

5 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

5.1 Porciones de ensayo:

5.1.1 La muestra del agregado se debe obtener de acuerdo con la norma INV E–201 y reducir a la fracción requerida para el ensayo, de acuerdo con la norma INV E–202. Deberá ser suficiente para producir tres especímenes de ensayo con la fracción comprendida entre 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ ") y 9.5 mm ($\frac{3}{8}$ ").

Nota 1: Un espécimen de ensayo es la cantidad requerida para llenar el recipiente cilíndrico de medida (Ver numeral 6.1.1 y Tabla 224 - 2).

Tabla 224 - 2. Masa mínima de las muestras requeridas para el ensayo del 10 % de finos

GRANULOMETRÍA	MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA, kg ^A
Agregado todo uno, tamaño máximo 40 mm	60
Agregado todo uno, tamaño máximo 20 mm	45
Agregado gradado, 37.5 mm a 4.75 mm ($1\frac{1}{2}$ " a No. 4)	40
Agregado gradado, 19.0 mm a 4.75 mm ($\frac{3}{4}$ " a No. 4)	25
Agregado gradado, 12.5 mm a 4.75 mm ($\frac{1}{2}$ " a No. 4)	15

^A Para agregados de densidad normal

5.2 Especímenes de ensayo en condición seca:

5.2.1 La muestra de agregado se seca al aire y se tamiza por las mallas de 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ ") y 9.5 mm ($\frac{3}{8}$ "). Las partículas mayores y menores se descartan, pues se utilizará exclusivamente el material comprendido entre estos dos tamices. El material seleccionado se divide de manera de formar tres especímenes, cada uno con una masa tal que ocupe una altura aproximada de 100 mm en el cilindro de ensayo luego de ser compactado con la varilla como se describe en el numeral 6.1 (nota 2).

Nota 2: La cantidad apropiada de agregado se puede determinar llenando el cilindro de medida en tres capas de igual espesor, golpeado cada una 25 veces desde una altura aproximada de 25 mm con el extremo redondeado de la varilla para compactación (Figura 224 - 3a). El espécimen compactado se deberá enrasar con la varilla o con una regla metálica (Figura 224 - 3b).



Figura 224 - 3. Determinación de la cantidad apropiada del agregado para el ensayo

5.2.2 Se secan los especímenes en el horno a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$) durante un lapso no mayor de 4 h. Se permite que la muestra se enfríe a temperatura ambiente antes de someterla al ensayo. Se pesan los especímenes y se anotan sus masas.

5.3 *Especímenes de ensayo en condición saturada:*

5.3.1 Los especímenes se preparan como se describió en el numeral 5.2, excepto que la porción de ensayo no se somete a secado en el horno. Cada espécimen de ensayo se coloca en una canasta de alambre (nota 3) y se sumerge en agua en el recipiente destinado a ello, de manera que exista una lámina de agua de 50 mm por encima del borde superior de la canasta.

Nota 3: La cantidad apropiada de agregado por usar es la misma descrita en el numeral 5.2.

5.3.2 Inmediatamente después de sumergir la canasta en el agua, se remueve al aire atrapado en el espécimen levantando la canasta 25 mm por encima del fondo del recipiente y dejándola caer 25 veces a razón de una vez por segundo. La canasta y el agregado se deben encontrar totalmente sumergidos durante esta operación y durante las subsiguientes 24 ± 2 h, período durante el cual el agua se debe mantener a $20 \pm 5^\circ \text{C}$.

5.3.3 Cumplido el período de saturación, se retira el agregado de la canasta y con una toalla o papel absorbente se seca el agua libre de la superficie de sus partículas. Terminada esta operación, el procedimiento de ensayo se deberá adelantar de manera inmediata.

6 PROCEDIMIENTO

6.1 Especímenes de ensayo en condición seca:

- 6.1.1** Se coloca el cilindro de ensayo en posición sobre su placa de base y se vierte el espécimen en tres capas sucesivas de una misma altura, aplicando a cada capa 25 golpes con la varilla descrita en el numeral 4.2. Los golpes se deben distribuir uniformemente sobre la superficie de la capa, con una altura de caída de 25 mm (nota 4). Cualquier exceso de material al término de la compactación de la tercera capa, se eliminará enrasando el espécimen con la varilla o con una regla metálica.

Nota 4: Las partículas de algunos agregados se parten bajo la acción de la varilla. Cuando ello suceda, se hará la anotación correspondiente en el informe de ensayo.

- 6.1.2** Una vez nivelada la superficie del agregado, se inserta el pistón de manera que descansa horizontalmente sobre ella (Figura 224 - 4). Hay que tener cuidado para que el pistón no se atranque en el cilindro.



Figura 224 - 4. Colocación del pistón sobre el espécimen de ensayo

- 6.1.3** Se coloca el conjunto en posición entre las platinas de la máquina de compresión y se aplica carga con una velocidad lo más uniforme posible, hasta que el pistón alcance la penetración especificada, en un lapso de $10 \text{ min} \pm 30 \text{ s}$. La penetración especificada depende de la naturaleza del agregado que se ensaya, como se indica en la Tabla 224 - 3.

Tabla 224 - 3. Penetración requerida del pistón durante el ensayo

TIPO DE AGREGADO	PENETRACIÓN, mm (NOTA 6)
Redondeado o parcialmente redondeado; por ejemplo, grava natural	15
Agregados triturados normales	20
Agregados vesiculares; por ejemplo, escoria	24

Nota 5: Si en la etapa inicial del ensayo se produce una deformación significativa, puede resultar difícil mantener la uniformidad en la velocidad de aplicación de la carga. De todas maneras, se recomienda el máximo cuidado, con el fin de cumplir el principal objetivo, cual es terminar la penetración en el plazo de 10 min \pm 30 s.

Nota 6: Los valores de penetración del primer y tercer tipo de agregado se pueden variar, dependiendo de la magnitud de la redondez o los vacíos de las partículas.

- 6.1.4** Al alcanzar la penetración seleccionada en el tiempo previsto, se anota el valor de la carga aplicada en Newton, (f). Se libera la carga y se remueve el material triturado del cilindro de ensayo. Para hacerlo, se sostiene el cilindro sobre una bandeja limpia de masa conocida y se golpea por los lados con el mazo de caucho hasta que las partículas del agregado se aflojen lo suficiente para caer libremente sobre la bandeja. Las partículas que queden adheridas a la parte interior del cilindro, a la placa de base y a la parte inferior del pistón se deben transferir a la bandeja con ayuda del cepillo de cerdas rígidas. Se pesa la bandeja con el agregado y se calcula la masa de agregado usado (M_1), con aproximación a 1 g.

Nota 7: Si el espécimen no se puede remover del cilindro de la manera descrita, se deberá emplear otro procedimiento que no cause fractura posterior de las partículas.

- 6.1.5** Todo el material recogido en la bandeja se criba en el tamiz de 2.36 mm (No. 8) hasta que no pase ninguna partícula durante un período de 1 minuto (Figura 224 - 5). Se pesan las fracciones pasante y retenida y se anotan sus masas con aproximación a un gramo (M_2 y M_3 , respectivamente). Si la suma $M_2 + M_3$ difiere de M_1 en más de 10 g, se descarta el resultado y se deberá ensayar un nuevo espécimen. Si la relación M_2/M_1 , en porcentaje, no cae entre 7.5 % y 12.5 %, se deberá ensayar un nuevo espécimen ajustando la carga máxima de ensayo (nota 8), para obtener una relación dentro del rango citado.



Figura 224 - 5. Tamizado sobre el tamiz de 2.36 mm (No. 8)

Nota 8: Se debe emplear la fórmula del numeral 7.1 para calcular la fuerza requerida.

Nota 9: Se debe tener cuidado en el desarrollo de las operaciones descritas en los numerales 6.1.4 y 6.1.5, para evitar la pérdida de finos.

- 6.1.6** Se repite el procedimiento completo con otra masa igual de agregados, determinando la fuerza, f , que da lugar a un porcentaje de finos [pasante del tamiz de 2.36 mm (No. 8)] entre 7.5 % y 12.5 %.

6.2 *Especímenes de ensayo en condición saturada:*

- 6.2.1** Se sigue el procedimiento descrito en el numeral 6.1, excepto que luego de que el espécimen aplastado ha sido removido del cilindro, se seca en el horno hasta masa constante a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$). Luego, se permite que el material seco se enfríe y se pesa con aproximación a 1 g (M_1). Se completa el procedimiento como se describe en los numerales 6.1.5 y 6.1.6.

7 CÁLCULOS

- 7.1** Se calcula la fuerza F (en kN), redondeada al entero, requerida para producir 10 % de finos en cada espécimen cuyo pasante por el tamiz de 2.36 mm (No. 8) se haya encontrado entre 7.5 % y 12.5 %, con la expresión:

$$F = \frac{14 f}{m + 4} \quad [224.1]$$

Donde: f: Máxima fuerza, kN;

m: Porcentaje de material que pasa el tamiz de 2.36 mm a la máxima fuerza, ($m = 100M_2/M_1$).

- 7.2** Se calcula el promedio de los dos resultados, redondeando a 10 kN si la fuerza calculada es de 100 kN o más, o a 5 kN, si la fuerza es menor de 100 kN. El valor obtenido debe informarse como el “valor del 10 % de finos”, salvo que los dos valores difieran en más de 10 kN y en más de 0.1 veces el valor promedio. En este caso, se repite el ensayo con otros dos especímenes y se calcula la mediana de los cuatro especímenes (nota 10), redondeando a 10 kN si la fuerza es de 100 kN o más, o a 5 kN, si la fuerza es menor de 100 kN, y se reporta dicha mediana como el “valor del 10 % de finos”.

Nota 10: La mediana de cuatro resultados se calcula excluyendo los valores más alto y más bajo y promediando los dos del medio.

8 INFORME

- 8.1** Se debe presentar la siguiente información:

- 8.1.1** Identificación y descripción de la muestra de ensayo.
- 8.1.2** Condición de ensayo del agregado (muestra seca o saturada).
- 8.1.3** El porcentaje de finos producido, m, por la acción de cada carga f.
- 8.1.4** El valor del 10% de finos del agregado seco.
- 8.1.5** El valor del 10% de finos del agregado saturado.

9 PRECISIÓN

- 9.1** Los datos sobre precisión que se muestran en las Tablas 224 - 4 y 224 - 5 se determinaron en un estudio en el cual intervinieron 15 laboratorios. Se emplearon 5 materiales diferentes. Con cada muestra de laboratorio se prepararon dos fracciones para el ensayo. Los valores presentados en las tablas aplican cuando el resultado de un ensayo se obtiene como el promedio de dos determinaciones del 10 % de finos sobre sub-muestras de la misma porción de ensayo y cuando ambas determinaciones cumplen con las

verificaciones de masas y los porcentajes de finos mencionados en el numeral 6.1.5.

Tabla 224 - 4. Valores de precisión para la determinación del 10 % de finos usando agregados en condición seca

MATERIAL	VALOR PROMEDIO DEL 10 % DE FINOS	REPETIBILIDAD	VARIANZA	REPRODUCIBILIDAD	VARIANZA
Caliza arcillosa	118	18	6	40	13
Escoria de alto horno	104	15	5	38	12
Caliza carbonífera	219	13	5	42	14
Roca ígneas	263	20	7	59	20
Grava mixta	192	16	6	42	14

Tabla 224 - 5. Valores de precisión para la determinación del 10 % de finos usando agregados en condición saturada

MATERIAL	VALOR PROMEDIO DEL 10 % DE FINOS	REPETIBILIDAD	VARIANZA	REPRODUCIBILIDAD	VARIANZA
Caliza arcillosa	39	3	1	21	7
Escoria de alto horno	89	10	3	12	3
Caliza carbonífera	214	13	5	52	18
Roca ígneas	195	18	6	57	19
Grava mixta	172	10	4	32	11

10 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

BS 812 Part 110 – 1990

SABS Method 842

ANEXO A (Informativo)

MÉTODO RECOMENDADO PARA DETERMINAR EL 10 % DE FINOS PARA FRACCIONES DE AGREGADOS DE OTROS TAMAÑOS

A.1 Generalidades:

A.1.1 Cuando se requiera, o si en definitiva el agregado entre 12.7 mm (½") y 9.5 mm (3/8") no está presente, el ensayo se puede realizar empleando partículas de otros tamaños comprendidos entre los tamices de 25.4 mm (1") y de 2.36 mm (No. 8). Debido a la falta de experiencia en el ensayo de tamaños diferentes del normalizado, no es posible brindar una indicación positiva sobre la manera como los resultados obtenidos sobre muestras de otros tamaños se puedan comparar con los obtenidos sobre partículas de tamaño entre 12.7 mm (½") y 9.5 mm (3/8").

A.2 Equipo:

A.2.1 Se requiere el mismo equipo descrito en la Sección 4, excepto que si el tamaño del agregado es menor de 9.5 mm (3/8"), se requieren los elementos descritos en los numerales A.2.2 a A.2.7.

A.2.2 *Cilindro de ensayo* – De 75 mm (3") diámetro interno, con su pistón y su placa de base. La forma y las dimensiones respectivas se muestran en la Figura 224 - 1 y en la Tabla 224 - 1.

A.2.3 *Varilla para compactación* – Una varilla cilíndrica de sección circular recta de 8 ± 1 mm de diámetro, con una longitud de 300 ± 5 mm. Uno de sus extremos debe ser semiesférico.

A.2.4 *Balanza* – De 500 g de capacidad mínima y que brinde lecturas con aproximación a 0.2 g.

A.2.5 *Tamices* – De acuerdo con lo indicado en la Tabla 224A - 1.

A.2.6 *Máquina para aplicar esfuerzos de compresión* – Como la descrita en el numeral 4.8, salvo que su capacidad de carga debe ser solo de 100 kN.

A.2.7 *Recipiente cilíndrico de medida* – Un recipiente cilíndrico como el descrito en el numeral 4.3, excepto que su diámetro interior será de 57 ± 1 mm y su altura de 90 ± 1 mm.

A.3 *Preparación de la muestra y de los especímenes de ensayo:*

A.3.1 Se deben seguir las indicaciones de la Sección 5, usando los tamices indicados en la Tabla 224A - 1, de acuerdo al tamaño de la fracción que se ensaya. Para una fracción de tamaño inferior a 9.5 mm ($3/8''$), se requiere una masa mínima de 1 kg.

A.4 *Procedimiento:*

A.4.1 Se debe seguir el procedimiento de la Sección 6, usando los tamices apropiados de separación que se indican en la Tabla 224A - 1.

Nota A.1: La penetración requerida del pistón puede no ser la misma indicada en la Sección 6.

A.5 *Cálculos:*

A.5.1 Se sigue el procedimiento general descrito en la Sección 7.

A.6 *Informe:*

A.6.1 Se presenta la misma información mencionada en la Sección 8, más el tamaño del agregado usado para el ensayo.

Tabla 224A - 1. Tamices a emplear para ensayar otras fracciones de agregado

TAMAÑO DE LA FRACCIÓN	TAMICES A EMPLEAR		
	PARA PREPARAR LOS ESPECÍMENES		PARA SEPARAR LOS FINOS
	PASA	RETENIDO	
Mayor que el normalizado	25.4 mm (1") 19.0 ($3/4''$)	19.0 ($3/4''$) 12.7 ($1/2''$)	4.75 mm (No. 4) 3.35 mm (No. 6)
Normalizado	12.7 ($1/2''$)	9.5 mm ($3/8''$)	2.36 mm (No. 8)
Menor que el normalizado	9.5 mm ($3/8''$) 6.35 mm ($1/4''$) 4.75 mm (No. 4) 3.35 mm (No. 6)	6.35 mm ($1/4''$) 4.75 mm (No. 4) 3.35 mm (No. 6) 2.36 mm (No. 8)	1.70 mm (No. 12) 1.18 mm (No. 16) 850 μ m (No. 20) 600 μ m (No. 30)

ANEXO B (Informativo)

MÉTODO GRÁFICO PARA DETERMINAR EL 10 % DE FINOS

- B.1** La norma SABS Method 842 del *South African Bureau of Standards*, presenta un procedimiento gráfico para determinar el 10 % de finos. Según este método, no solo se debe establecer la fuerza necesaria para producir un pasante entre 7.5 % y 12.5 % por el tamiz de 2.36 mm (No. 8), sino que, además, se deben fabricar especímenes adicionales que se someten a fuerzas que den lugar a porcentajes de pérdidas menores de 7.5 % y mayores de 12.5%.
- B.2** Con los valores obtenidos se dibuja una curva que muestre la relación entre la fuerza máxima aplicada en cada caso y el porcentaje de pérdidas, en la cual se escoge como “valor del 10 % de finos” la fuerza que da lugar a un pasante de 10 % por el tamiz de 2.36 mm (No. 8).

Nota B1: Este procedimiento se incluye a manera de información y se recomienda para investigaciones y análisis de tipo general. Los ensayos que se realicen con fines de aceptación o rechazo en aplicación de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías se deberán realizar de acuerdo con el procedimiento y los cálculos descritos en las Secciones 6 y 7 de esta norma.