

RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1½") POR MEDIO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

INV E – 218 – 13

1 OBJETO

- 1.1** Este método se refiere al procedimiento a seguir para medir la resistencia a la degradación de los agregados gruesos de tamaño menor a 37.5 mm (1½") por medio de la máquina de Los Ángeles.

Nota 1: La norma INV E – 219 presenta un procedimiento para evaluar la resistencia a la degradación de los agregados gruesos de tamaños mayores de 19 mm (¾").

- 1.2** Esta norma reemplaza la norma INV E–218–07.

2 RESUMEN DEL MÉTODO

- 2.1** Este ensayo mide la degradación de un agregado pétreo con una composición granulométrica definida, como resultado de una combinación de acciones que incluyen abrasión, impacto y molienda en un tambor de acero rotatorio que contiene un número determinado de esferas metálicas, el cual depende de la granulometría de la muestra de ensayo. A medida que gira el tambor, una pestaña de acero recoge la muestra y las esferas de acero y las arrastra hasta que caen por gravedad en el extremo opuesto del tambor, creando un efecto de impacto y trituración (Figura 218 - 1). Entonces, la muestra y las esferas ruedan dentro del tambor, hasta que la pestaña las levanta y se repite el ciclo. Tras el número especificado de revoluciones, se retira el contenido del tambor y se tamiza la porción de agregado para medir la degradación, como un porcentaje de pérdida.

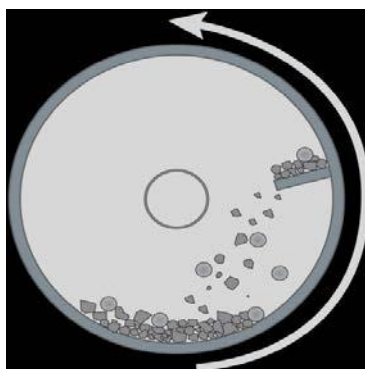


Figura 218 - 1. Degradación del agregado durante el ensayo

3 IMPORTANCIA Y USO

- 3.1** Este ensayo se ha usado ampliamente como un indicador de la calidad relativa o la competencia de diferentes fuentes de agregados pétreos de similares composiciones mineralógicas. Los resultados no brindan automáticamente comparaciones válidas entre fuentes marcadamente diferentes en origen, composición o estructura. Los límites de las especificaciones deben ser asignados con extrema precaución, considerando los tipos de agregados disponibles y su comportamiento histórico en aplicaciones específicas.

4 EQUIPOS

- 4.1** *Máquina de Los Ángeles* – La máquina para el ensayo de Los Ángeles tendrá las características que se indican en la Figura 218 - 2. Consiste en un cilindro hueco de acero, cerrado en ambos extremos, con una longitud interior de 508 ± 5 mm (20 ± 0.2 ") y un diámetro interior, de 711 ± 5 mm (28 ± 0.2 "), fabricado con una placa de acero de espesor no menor de 12.4 mm (nota 2). El interior del cilindro deberá estar libre de protuberancias que alteren la trayectoria de la muestra y las esferas de acero, con excepción de la pestaña que se describe más adelante. El cilindro lleva en el centro de cada extremo un eje, que no penetra en su interior, quedando el cilindro montado de modo que pueda girar en posición horizontal, con una tolerancia en pendiente del 1 % con el eje de rotación. El cilindro estará provisto de una abertura para introducir y retirar con facilidad la muestra de ensayo. La abertura se cierra por medio de una tapa que se fija por medio de pernos, que tiene un empaque para impedir la salida del polvo y que está diseñada de manera de mantener el contorno cilíndrico interior. Una pestaña desmontable de acero se extiende a todo lo largo de una generatriz del cilindro y se proyecta hacia el centro de la sección circular del cilindro, en longitud de 89 ± 2 mm (3.5 ± 0.1 "). La pestaña está unida al tambor mediante pernos y su espesor debe permitir que el elemento quede instalado de un modo firme y rígido. Su posición dentro del interior del tambor debe ser tal, que impida que la muestra y las esferas caigan sobre la tapa durante el ensayo o se pongan en contacto con ella en ningún momento (nota 3). La distancia entre la pestaña y la abertura del tambor, medida a lo largo de la circunferencia exterior de éste, no debe ser menor de 1270 mm (50"). La pestaña deberá ser inspeccionada periódicamente, para verificar que no se ha doblado en sentido longitudinal ni se ha apartado de su posición radial respecto del tambor. Si se detecta alguna de estas anomalías, la pestaña deberá ser reemplazada.

Nota 2: Esta es la tolerancia permitida a las placas de acero de 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ ").

Nota 3: Es preferible el empleo de una pestaña de acero resistente al desgaste de sección rectangular y montada independientemente de la tapa. No obstante, se puede usar un ángulo de acero montado adecuadamente en la parte interior de la tapa, pero teniendo en cuenta la dirección de rotación para que la carga sea recogida por la cara exterior del ángulo.

4.1.1 La máquina debe ser accionada y contrabalanceada en forma tal, que mantenga la velocidad periférica básicamente uniforme (nota 4). Si se utiliza un perfil angular como pestaña, el sentido de rotación debe ser tal, que la carga se recoja sobre la superficie exterior del perfil.

Nota 4: El juego o el deslizamiento del mecanismo de transmisión dan lugar a resultados del ensayo que no coinciden con los obtenidos en máquinas cuya velocidad periférica es constante.

4.2 *Tamices* – De las aberturas indicadas en la Tabla 218 - 1, más uno de 1.70 mm (No. 12).

4.3 *Balanza* – Con una exactitud mínima de 0.1 % en relación con la masa de ensayo, en cualquier punto dentro del intervalo de utilización.

4.4 *Carga* – La carga consistirá en esferas de acero, de un diámetro aproximado de 46.8 mm (1 27/32") y una masa comprendida entre 390 g y 445 g (Figura 218 - 3). Como se muestra en seguida, la carga abrasiva dependerá de la granulometría de ensayo, A, B, C o D (las granulometrías se encuentran en la Tabla 218 - 1):

GRANULOMETRÍA	NÚMERO DE ESFERAS	MASA DE LA CARGA, g
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Nota 5: Esferas de acero de 46.0 mm (1 13/16") y de 47.6 mm (1 7/8") de diámetro, que tengan una masa aproximada de 400 y 440 g cada una, respectivamente, son de fácil adquisición. También, es posible conseguir y utilizar esferas de acero de 46.8 mm (1 27/32") de diámetro con una masa aproximada de 420

g. La carga puede estar compuesta por una combinación de estos tamaños, siempre que se encuentre dentro de las tolerancias indicadas

4.5 *Horno* – Que pueda mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

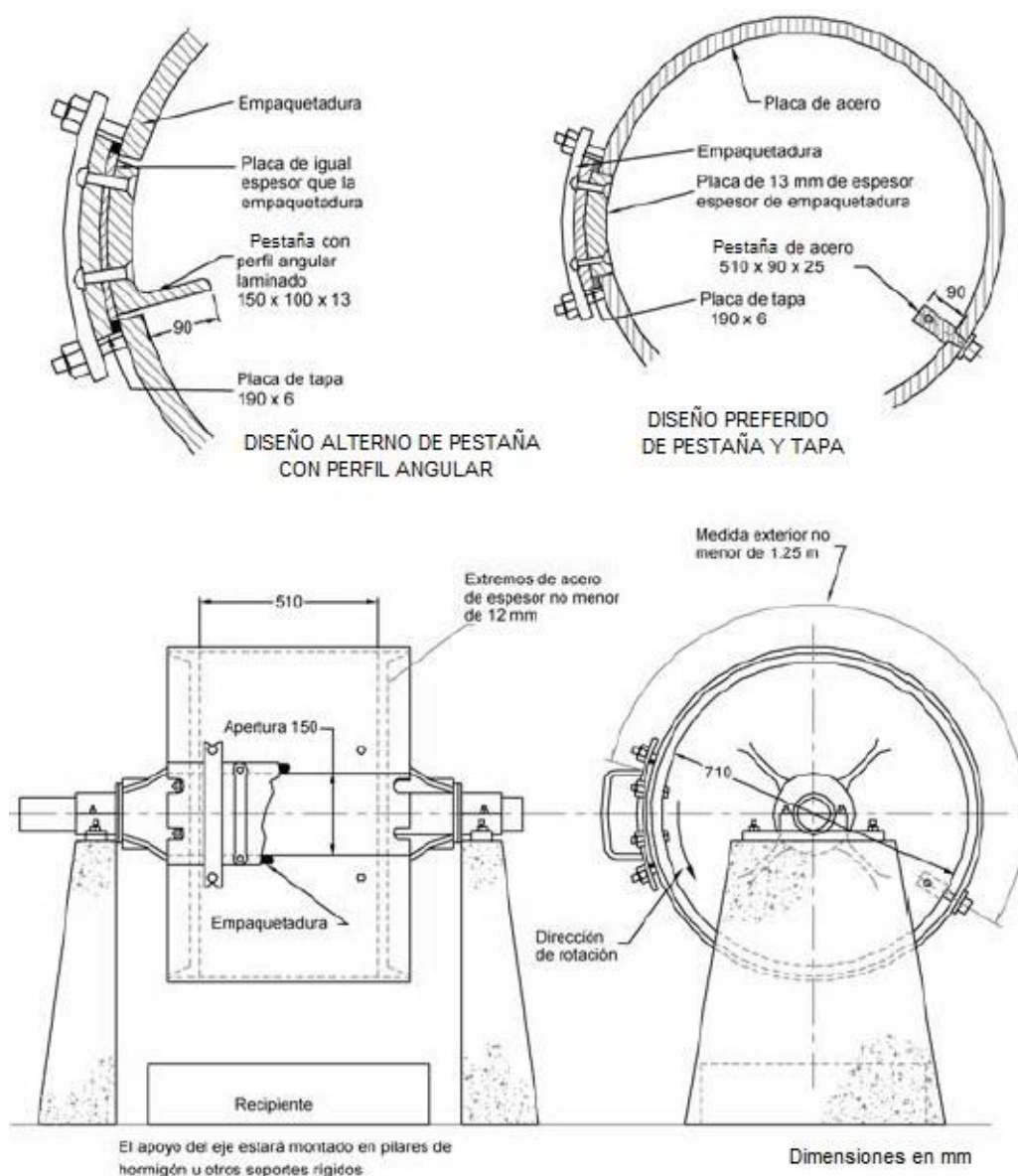


Figura 218 - 2. Máquina de Los Ángeles

5 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- 5.1** La muestra destinada al ensayo se obtendrá empleando el procedimiento descrito en la norma INV E-201 y se reducirá a un tamaño adecuado para el ensayo, según la norma INV E-202.
- 5.2** La muestra reducida se lava y se seca en el horno hasta masa constante, a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$).

- 5.3** Se elige en la Tabla 218 - 1 la granulometría más parecida a la del agregado que se va a usar en la obra. Se separa la muestra reducida en las fracciones indicadas en la tabla, de acuerdo con la granulometría elegida. Se recombinan las fracciones para formar una muestra de ensayo con la composición indicada en la tabla. Se pesa la muestra de ensayo con aproximación a 1 g y se registra el valor obtenido.

Tabla 218 - 1. Granulometrías de las muestras de ensayo

TAMAÑOS DE TAMIZ		MASAS DE LAS DIFERENTES FRACCIONES, g			
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	GRANULOMETRÍAS			
		A	B	C	D
37.5 (1½")	25.0 (1")	1250 ± 25	2500 ± 10	2500 ± 10	5000 ± 10
25.0 (1")	19.0 (¾")				
19.0 (¾")	12.5 (½")				
12.5 (½")	9.5 (3/8")				
9.5 (3/8")	6.3 (¼")	1250 ± 10	2500 ± 10	2500 ± 10	5000 ± 10
6.3 (¼")	4.75 (No. 4)	1250 ± 10	2500 ± 10	2500 ± 10	
4.75 (No.4)	2.36 (No. 8)				
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10



Figura 218 - 3. Esferas de acero

6 PROCEDIMIENTO

- 6.1** Luego de comprobar que el tambor este limpio, la muestra y la carga abrasiva correspondiente se colocan en la máquina de Los Ángeles (Figura 218 - 4) y se hace girar el tambor a una velocidad comprendida entre 188 y 208 rad/minuto (30 y 33 rpm) hasta completar 500 revoluciones (nota 6). La máquina deberá girar de manera uniforme para mantener una velocidad periférica prácticamente constante. Una vez cumplido el número de vueltas prescrito, se descarga el material del tambor y se procede con una separación preliminar de

la muestra ensayada, empleando un tamiz de abertura mayor al de 1.70 mm (No. 12). La fracción fina que pasa, se tamiza a continuación empleando el tamiz de 1.70 mm (No. 12), utilizando el procedimiento de la norma INV E-213. El material más grueso que la abertura del tamiz de 1.70 mm (No. 12) se lava, se seca en el horno, a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$) hasta masa constante, y se determina su masa con precisión de 1 g (nota 7).

- 6.1.1** Si el agregado está libre de costras o de polvo se puede eliminar la exigencia de lavarlo antes y después del ensayo. La eliminación del lavado posterior, rara vez reducirá la pérdida medida en más del 0.2 % del peso de la muestra original. Sin embargo, en el caso de ensayos con fines de referencia o de arbitraje, el procedimiento de lavado es perentorio.

Nota 6: Se puede obtener una valiosa información sobre la uniformidad de la muestra que se está ensayando, determinando la pérdida después de 100 revoluciones. Al efectuar esta determinación no se debe lavar el material retenido en el tamiz de 1.7 mm (No. 12). La relación entre la pérdida después de 100 revoluciones y la pérdida después de 500 revoluciones, no debería exceder de 0.20 para materiales de dureza uniforme. Cuando se realice esta determinación, se debe evitar cualquier pérdida de muestra; la muestra total, incluido el polvo producido por el desgaste, se vuelve a introducir en la máquina hasta completar las 500 revoluciones requeridas para completar el ensayo.

Nota 7: No lavar el material grueso después del ensayo, puede reducir las pérdidas medidas en el ensayo hasta en 0.2 % respecto de la masa original de la muestra.



Figura 218 - 4. Colocación de la muestra dentro de la máquina de Los Ángeles

7 CÁLCULOS

- 7.1** El resultado del ensayo es la diferencia entre la masa original y la masa final de la muestra ensayada, expresada como tanto por ciento de la masa original (nota 8):

$$\% \text{ pérdidas} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100 \quad [218.1]$$

Donde: P_1 : Masa de la muestra seca antes del ensayo, g;

P_2 : Masa de la muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz de 1.70 mm (No. 12), g.

Nota 8: No hay una relación consistente que sea conocida, entre el porcentaje de pérdidas determinado con este método de ensayo y el porcentaje de pérdidas del mismo material cuando se somete al ensayo descrito en la norma INV E-219.

8 INFORME

8.1 Deberá incluir lo siguiente:

8.1.1 Identificación del agregado (tipo, fuente y tamaño máximo nominal).

8.1.2 Granulometría usada en el ensayo (tomada de la Tabla 218 - 1).

8.1.3 Pérdidas del agregado por abrasión e impacto, redondeadas a 1% por masa

9 PRECISIÓN Y SESGO

9.1 *Precisión* – Para agregados con tamaño máximo nominal de 19 mm ($\frac{3}{4}$ "), con porcentajes de pérdida entre 10 y 45 %, el coeficiente de variación entre resultados de varios laboratorios, es del 4.5 %. Por lo tanto, resultados de dos ensayos bien ejecutados, por dos laboratorios diferentes, sobre muestras del mismo agregado grueso, no deberían diferir el uno del otro en más del 12.7 % de su promedio (probabilidad del 95 %). El coeficiente de variación de operarios individuales, se encontró que es del 2.0 %. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos bien ejecutados por el mismo operario sobre el mismo agregado grueso, no deberían diferir, el uno del otro en más del 5.7 % de su promedio (probabilidad del 95 %).

9.2 *Sesgo* – Dado que no hay un material de referencia apropiado para determinar el sesgo para este procedimiento, no hay ninguna declaración sobre el particular.

10 NORMAS DE REFERENCIA

ASTM C 131 – 06

ANEXO A (Informativo)

MANTENIMIENTO DE LA PESTAÑA

- A.1** La pestaña de la máquina de Los Ángeles está sometida a desgaste superficial e impacto severos. La superficie de trabajo de la pestaña es golpeada repetidamente por las esferas y tiende a desarrollar un resalto paralelo y a una distancia de 32 mm (1 ¼") de su unión con la superficie interna del tambor. Si la pestaña está construida con un perfil angular, no solo puede desarrollar este resalto sino que, además, se puede curvar longitudinal o transversalmente.
- A.2** La pestaña se debe inspeccionar periódicamente para determinar si no se ha curvado a lo largo o desde su posición radial con respecto al tambor. Si se halla alguna de estas dos situaciones, la pestaña debe ser reparada o reemplazada antes de usar la máquina de nuevo. No se conoce la influencia del resalto sobre los resultados del ensayo. Sin embargo, para hacer uniformes las condiciones del ensayo, se recomienda reperfilar el resalto cuando su altura exceda de 2 mm (0.1 mm).