

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AGREGADO FINO A LA DEGRADACIÓN POR ABRASIÓN, UTILIZANDO EL APARATO MICRO-DEVAL

INV E – 245 – 13

1 OBJETO

- 1.1 Esta norma describe un procedimiento para medir la resistencia a la degradación por abrasión de una muestra de agregado fino utilizando el aparato Micro–Deval.

2 DEFINICIONES

- 2.1 *Masa constante* – Condición de una muestra de ensayo secada a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$), cuando no pierde más de 0.1 % de humedad tras 2 h de secado.

- 2.1.1 *Discusión* – Esta condición se puede comprobar pesando la muestra antes y después de cada periodo de 2 h, hasta que la variación en la masa cumpla con lo indicado. Este procedimiento se puede obviar cuando la muestra se seca a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$) durante un tiempo mayor que uno previamente comprobado como satisfactorio para producir masa constante, bajo una condición igual o superior de carga en el horno.

3 RESUMEN DEL MÉTODO

- 3.1 El ensayo Micro–Deval es una medida de la resistencia a la abrasión y de la durabilidad de agregados minerales, como resultado de una acción combinada de abrasión y molienda con esferas de acero en presencia de agua. Una muestra de 500 g de agregado fino con una granulometría normalizada se sumerge inicialmente en agua durante un lapso no menor de una hora. La muestra se coloca, posteriormente, en un recipiente de acero de 20 cm de diámetro, con 0.75 litros de agua y una carga abrasiva, consistente en 1250 g de esferas de acero de 9.5 mm de diámetro. Recipiente, agregado, agua y carga se rotan a 100 rpm durante 15 min. En seguida, se lava la muestra y se seca en el horno. La pérdida es la cantidad de material que pasa el tamiz de 75

μm (No. 200), expresada como porcentaje de la masa seca original de la muestra.

4 IMPORTANCIA Y USO

- 4.1** La prueba Micro–Deval tiene por finalidad determinar la pérdida que sufre un agregado fino por abrasión en presencia de agua y de una carga abrasiva. Muchos agregados son más susceptibles a la abrasión en estado húmedo que secos, y el uso del agua en este ensayo incorpora esta reducción en la resistencia a la degradación. Los resultados del ensayo son útiles para juzgar la resistencia (tenacidad/abrasión) de un agregado fino sometido a abrasión, cuando no existe información adecuada sobre este tipo de comportamiento. El ensayo es útil para determinar la proporción de materiales débiles y blandos dentro del agregado fino. Es muy probable que los agregados que sufren bajas pérdidas en este ensayo, no presenten una degradación significativa durante las operaciones de manejo, mezcla o colocación en obra.
- 4.2** El ensayo Micro–Deval sobre el agregado fino es útil para el control de calidad, porque detecta cambios en las propiedades de un agregado proveniente de una fuente como parte de un proceso de control de calidad o de aseguramiento de calidad.
- 4.3** En contraste con la versión del ensayo sobre el agregado grueso, los resultados de la prueba Micro–Deval sobre agregados finos presentan una correlación significativa con las pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de magnesio. Con los agregados finos, la prueba Micro–Deval presenta mayor precisión que la de solidez y es más rápida, por lo que se puede emplear en su reemplazo. El apéndice de esta norma incluye una guía con valores específicos para la selección del agregado fino para diversas aplicaciones.

5 EQUIPO

- 5.1** *Máquina de abrasión Micro–Deval* – Con un motor capaz de producir en los recipientes cilíndricos una velocidad de rotación regular de 100 ± 5 rpm. Es la misma especificada en la norma de ensayo INV E-238.
- 5.2** *Recipientes cilíndricos* – Uno o más cilindros huecos, de 5 litros de capacidad, con las características y dimensiones mostradas en la norma de ensayo INV E-238.

- 5.3 Carga abrasiva** – La carga abrasiva está constituida por esferas magnéticas de acero inoxidable, de 9.5 ± 0.5 mm de diámetro. Cada recipiente cilíndrico requiere una carga de 1250 ± 5 g de estas esferas.

Nota 1: Antes de usarlos por primera vez, los recipientes y las esferas de acero deben ser acondicionados. El acondicionamiento consiste en poner a funcionar el equipo con una carga de 500 g de arena silíceo y 750 ml de agua durante un lapso de cuatro horas. Es posible que este acondicionamiento se deba realizar de manera periódica. La necesidad de ello se pone de manifiesto cuando se produce una disminución significativa en la pérdida al emplear el material de calibración. Se ha determinado que el acondicionamiento es generalmente necesario cuando el equipo se ha empleado para ensayar agregado grueso del tipo carbonato en la versión del ensayo descrita en la norma INV E-238, el cual puede producir pulimento en el interior del recipiente y en la superficie de las esferas. El proceso de acondicionamiento brinda a los recipientes y a las esferas una superficie "esmerilada" que promueve el vuelco de las esferas y del agregado en lugar de su deslizamiento al girar el recipiente. Cuando se ensayan agregados ricos en sílice se puede diferir o eliminar la necesidad del reacondicionamiento, siempre que el agregado de calibración dé lugar a resultados satisfactorios. Por esta razón, constituye una buena práctica no utilizar los recipientes empleados para ensayar el agregado grueso en los ensayos para el agregado fino.

- 5.4 Balanza** – Que permita lecturas con una precisión de 0.1 g.
- 5.5 Tamices** – De aberturas cuadradas con las siguientes medidas: 6.7 o 6.3 mm (0.265" o ¼"), 4.75 mm (No. 4), 1.18 mm (No. 16), 600 μ m (No. 30), 300 μ m (No. 50), 150 μ m (No. 100) y 75 μ m (No. 200).
- 5.6 Horno** – Capaz de mantener la temperatura a $110 \pm 5^\circ$ C ($230 \pm 9^\circ$ F).

6 SUMINISTROS

- 6.1 Agregado de referencia de laboratorio** – Una provisión de un agregado fino de calidad reconocida, que sirva como referencia. El material se debe preparar como sigue:

PASA TAMIZ	RETENIDO EN EL TAMIZ	MASA
4.75 mm	2.36 mm	40 g
2.36 mm	1.18 mm	115 g
1.18 mm	600 μ m	180 g
600 μ m	300 μ m	120 g
300 μ m	150 μ m	38 g
150 μ m	75 μ m	7 g

Nota 2: La ASTM recomienda como agregado de referencia de laboratorio el "Standard Sutherland Micro-Deval Fine Aggregate" de la Sección de Suelos y Agregados del Ministerio de Transporte de Canadá. 1201 Wilson Avenue, Downsview, Ontario, Canada M3M1J8, Fax: 1-416-235-4101.

- 6.2 Agregado de calibración** – Un suministro de agregado que el laboratorio considere apropiado para la calibración del método de ensayo (Ver numeral 10.1).

7 MUESTRA DE ENSAYO

- 7.1** La muestra de ensayo se debe lavar sobre el tamiz de 75 μm (No. 200) de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-214 y, luego, se debe secar en el horno a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$) hasta masa constante y separar en fracciones individuales de acuerdo con el procedimiento de la norma INV E-213, recombinándolas posteriormente para obtener la granulometría mostrada en el numeral 7.2.
- 7.2** La muestra de agregado para el ensayo deberá estar constituida por material comprendido entre los tamices de 4.75 mm (No. 4) y de 75 μm (No. 200), con un módulo de finura de 2.8 (Nota 3). Se deberá preparar una muestra de 500 ± 5 g seca al horno, como sigue:

PASA TAMIZ	RETENIDO EN EL TAMIZ	MASA
4.75 mm	2.36 mm	50 g
2.36 mm	1.18 mm	125 g
1.18 mm	600 μm	125 g
600 μm	300 μm	100 g
300 μm	150 μm	75 g
150 μm	75 μm	25 g

Nota32: Los agregados finos de gradación bastante fina, presentan pérdidas por abrasión Micro-Deval ligeramente mayores que aquellos de gradación más gruesa provenientes de la misma fuente. El efecto de la gradación es escaso cuando la pérdida media es menor de 20 %. Para materiales con bajas pérdidas, que cumplan con facilidad los requerimientos de las especificaciones, puede resultar práctico, para los fines del control de calidad rutinario, ensayar el material sin prepararlo con la granulometría mencionada en este numeral. Cuando se desee, se puede emplear otra gradación, pero esta circunstancia se deberá mencionar en el informe del ensayo.

8 PROCEDIMIENTO

- 8.1** Se prepara una muestra seca representativa de 500 ± 5 g, distribuida como se indica en la Sección 7. Se determina la masa de la muestra con una aproximación de 0.1 g y se registra esta masa como A.
- 8.2** Se somete la muestra a inmersión en 0.75 ± 0.05 litros de agua del grifo, a $20 \pm 5^\circ$ C, durante un lapso mínimo de una hora, ya sea dentro del recipiente del ensayo Micro-Deval o en otro recipiente apropiado.
- 8.3** Si la inmersión se realizó en el recipiente del ensayo Micro-Deval, se le añaden a la muestra preparada y al agua usada para su inmersión, 1250 ± 5 g de esferas de acero. Si la inmersión mencionada en el numeral precedente se realizó en un recipiente diferente, se transfieren al recipiente Micro-Deval la totalidad de la muestra y el agua usada para sumergirla y se añaden las esferas de acero. Se tapa el recipiente y se coloca en la máquina de ensayo.
- 8.4** Se procede a rotar la máquina a una velocidad de $100 \text{ rpm} \pm 5 \text{ rpm}$ durante $15 \text{ min} \pm 5 \text{ s}$. Si la máquina dispone de cuenta-revoluciones, se gira durante 1500 ± 10 revoluciones.
- 8.5** Terminado el tiempo de rotación, se vierten cuidadosamente la muestra y las esferas sobre un tamiz de 6.7 o 6.3 mm (0.265" o $\frac{1}{4}$ ") colocado dentro de un recipiente apropiado. Se deberá tener el cuidado de vaciar del recipiente cilíndrico toda la muestra. Se lavan las esferas retenidas en el tamiz, hasta que no queden partículas del agregado adheridas a ellas. En seguida, se retiran del tamiz las esferas de acero. Se lava el agregado fino recuperado en el recipiente colocado debajo del tamiz de 6.7 o 6.3 mm (0.265" o $\frac{1}{4}$ "), siguiendo el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-214, hasta que el agua de lavado salga clara y todas las partículas menores de $75 \mu\text{m}$ pasen el tamiz de esta abertura (No. 200).
- 8.6** La muestra lavada se seca en el horno hasta masa constante, a $110 \pm 5^\circ$ C ($230 \pm 9^\circ$ F).
- 8.7** Después de secada en el horno, se pesa la muestra con aproximación a 0.1 g, y se registra esta masa como B.

9 CÁLCULOS

- 9.1 Se calcula la pérdida por abrasión Micro–Deval, redondeada a 0.1 %, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de pérdidas} = \frac{A - B}{A} \times 100 \quad [245.1]$$

10 USO DEL AGREGADO DE CALIBRACIÓN

- 10.1 *Agregado de calibración* – El laboratorio debe definir un agregado de calibración que presente una pérdida entre 10 % y 25 %. Se toman 10 muestras al azar de este material y se ensayan. Al mismo tiempo, se toman y ensayan 10 muestras del agregado de referencia de laboratorio. Si el material de referencia es el “Standard Sutherland Micro-Deval Fine Aggregate”, y su pérdida promedio y su variación se encuentran dentro de las tolerancias mencionadas en el numeral 10.1.1, el valor medio y el rango obtenidos se deberán utilizar con el agregado de calibración. El procedimiento de calibración se deberá realizar cada vez que se requiera un suministro del agregado de calibración.

10.1.1 La pérdida media del agregado de referencia “Standard Sutherland Micro–Deval Fine Aggregate” obtenida en un estudio realizado en varios laboratorios, fue 16.8 %. Para que haya aceptación continua de datos, los datos individuales del material de calibración se deberán encontrar entre 15.2 % y 18.4 % el 95 % de las veces.

10.1.2 Cuando los datos del agregado de calibración caen por fuera de los límites mencionados en el numeral 10.1.1, se debe adelantar un estudio para establecer las causas. El equipo deberá ser recalibrado y la técnica de ensayo reexaminada para detectar las no conformidades con el procedimiento de ensayo.

- 10.2 Cada 10 muestras, o al menos cada semana en la que se ensaye una muestra, se debe ensayar también una muestra del agregado de calibración. El material se debe tomar de un depósito de reserva y preparar de acuerdo con el numeral 7.2 de esta norma. Cuando se hayan ensayado 20 muestras y los resultados muestren una variación satisfactoria, se podrá reducir la frecuencia de ensayo a un mínimo de una vez al mes.

10.3 *Uso del gráfico de tendencia* – El porcentaje de pérdida de las últimas 20 muestras del material de calibración se debe dibujar en un gráfico de tendencia, para observar las variaciones de los resultados (Figura 245 - 1).

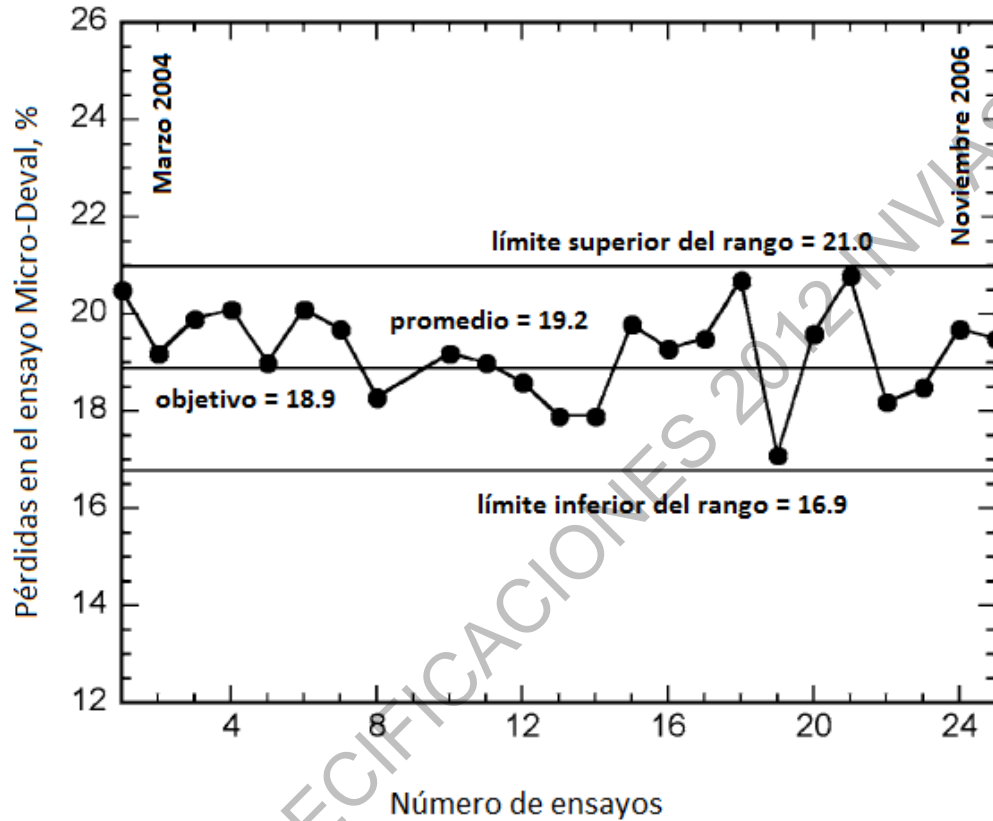


Figura 245 - 1. Gráfico de tendencia de las pérdidas por abrasión Micro-Deval de muestras del agregado de calibración

11 INFORME

11.1 El informe debe incluir lo siguiente:

- 11.1.1** La gradación utilizada, si fue diferente de la especificada.
- 11.1.2** El porcentaje de pérdida de la muestra en el ensayo, con una cifra decimal.
- 11.1.3** El porcentaje de pérdida del agregado de calibración, redondeado a 0.1 %, correspondiente a un ensayo realizado en un tiempo lo más cercano posible al ensayo que se está reportando.

11.1.4 Porcentajes de pérdida de las últimas 20 muestras del agregado de calibración, dibujados en el gráfico de tendencia.

12 PRECISIÓN Y SESGO

12.1 *Precisión* – Para un agregado fino con pérdidas por abrasión entre 7 % y 30 %, se encontró que el coeficiente de variación de un operario individual era 3.4 %. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos adecuadamente realizados sobre muestras del mismo agregado, por el mismo operario y empleando el mismo equipo, no deberían diferir en más de 9.6 % de su promedio, el 95 % de las veces. El coeficiente de variación de los resultados de ensayos realizados en varios laboratorios fue 8.7 %; por consiguiente, los resultados de dos ensayos adecuadamente realizados en laboratorios diferentes, sobre muestras del mismo agregado, no deberían diferir más del 24.6 % de su valor promedio, el 95 % de las veces.

12.2 *Sesgo* – El procedimiento de este método para medir la resistencia a la degradación por abrasión no presenta sesgo, por cuanto dicha resistencia solo puede ser definida en los términos del método de ensayo.

13 NORMAS DE REFERENCIA

ASTM D 7428 – 08^{e1}

ANEXO A (Informativo)

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO

A.1 En estudios sobre el comportamiento de agregados finos sometidos a este ensayo, se estableció que los límites indicados en la Tabla 245A - 1 separan los agregados de comportamiento satisfactorio de aquellos cuyo comportamiento es regular o pobre. El Ministerio de Transporte de Ontario ha usado estos límites con una gran variedad de agregados, bajo condiciones climáticas severas, desde antes de 1997. No se han detectado fallas en las obras o reportado reducciones del período de servicio que puedan ser atribuidas a deficiencias de un agregado que haya satisfecho estos límites.

A.2 Se han realizado estudios para establecer una correlación entre las pérdidas del agregado fino en el ensayo Micro–Deval y las que se producen en el ensayo de solidez en sulfato de magnesio, con los resultados que muestran las Figuras 245–A.1 y 245–A.2.

Tabla 245A - 1. Límites referenciados de Micro–Deval para distintas aplicaciones de los agregados finos

APLICACIÓN	MÁXIMAS PÉRDIDAS POR ABRASIÓN EN PRUEBA MICRO-DEVAL (%)
Subbase granular	35 ^{A, B}
Base granular	30 ^{A, B}
Base de gradación abierta	25 ^{A, B}
Concreto estructural	20 ^{A, B}
Pavimento rígido	20 ^{A, B}
Base de concreto asfáltico	25 ^{A, B}
Capa de rodadura asfáltica en vías secundarias	25 ^{A, B}
Capa de rodadura en concreto asfáltico	15 ^C
Arena para capa de asiento y relleno de juntas en pavimentos de adoquines de concreto para aplicaciones vehiculares con más de 1.5 millones de ejes equivalentes de 11 000 kg	8 ^D

^A Rogers, C., "Canadian Experience with the Micro-Deval Test for Aggregates," *Advances in Aggregates and Armourstone Evaluation*, Latham, J. P., ed., Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications, 13, 1998, pp. 139-147.

^B Rogers, C., Lane, B. and Senior, S., "The Micro-Deval Abrasion Test for Coarse and Fine Aggregate in Asphalt Pavement", Proceedings of Annual Symposium of International Center for Aggregate Research, Austin TX, April 2003.

^C White, T. T., Haddock J., E. and Rismantoyo, E., "Aggregate Tests for Hot-Mix Asphalt Mixtures Used in Pavements", Transportation Research Board, NCHRP Report 557, Washington, 2006, pp. 38.

^D ICPI, "Bedding Sand Selection for Interlocking Concrete Pavements in Vehicular Applications", Technical Specification Number 17, ICPI, Washington, DC, 2007, pp. 8.

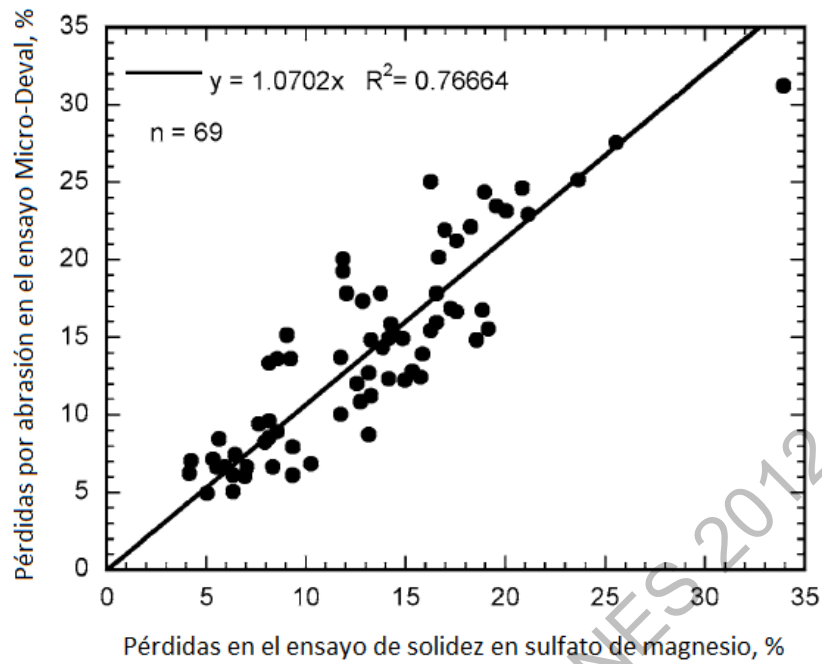


Figura 245 – A.1. Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de magnesio versus pérdidas por abrasión Micro-Deval para arenas trituradas empleadas en mezclas asfálticas

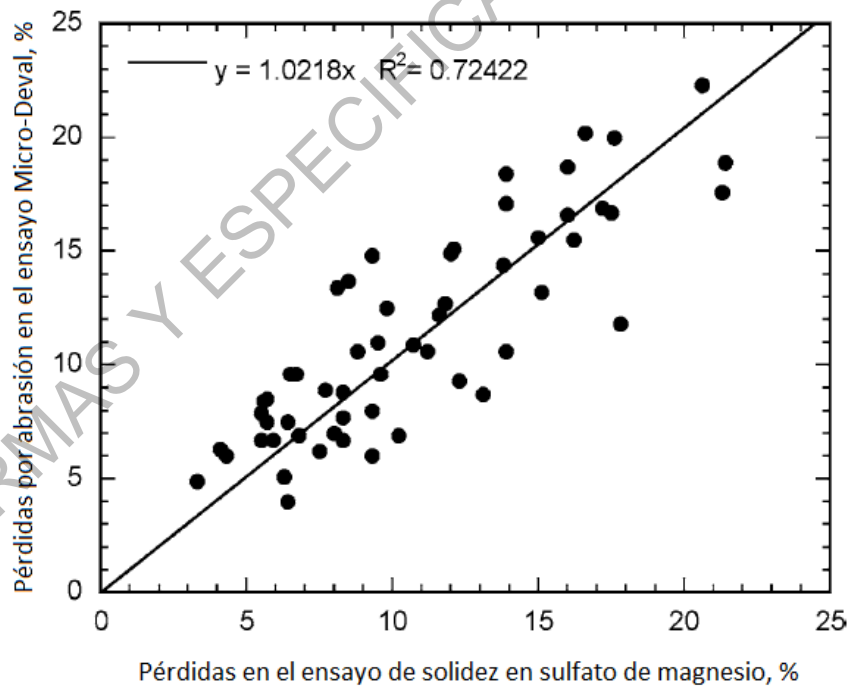


Figura 245 – A.2. Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de magnesio versus pérdidas por abrasión Micro-Deval para arenas naturales empleadas en concretos