

LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES

PARTE: 2. MATERIALES PARA ESTRUCTURAS

TÍTULO: 02. Materiales para Concreto Hidráulico

CAPÍTULO: 036. Reactividad de los Agregados mediante el Método del Cilindro de Roca

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento de prueba para determinar la reactividad de los agregados pétreos utilizados en la elaboración de concreto hidráulico, mediante el método del cilindro de roca, a que se refiere la Norma N·CMT·2·02·002, *Calidad de Agregados Pétreos para Concreto Hidráulico*, en muestras de roca tomadas conforme al Manual M·MMP·2·02·019, *Muestreo de Agregados Pétreos*.

B. OBJETIVO DE LA PRUEBA

Esta prueba permite determinar la expansión de los agregados pétreos que se utilicen en la elaboración de concreto hidráulico, con carbonatos reactivos a los álcalis del cemento, sumergiendo los especímenes de prueba en una solución de hidróxido de sodio (NaOH) a temperatura ambiente, tomados de una muestra de roca del sitio de donde se obtendrán los agregados, para observar los cambios en su longitud.

C. REFERENCIAS

Es referencia de este Manual, la norma ASTM D1248-16, *Standard Specification for Polyethylene Plastics Extrusion Materials for Wire and Cable*, publicada por la ASTM International en EUA, en el año 2016.

Además, este Manual se complementa con las siguientes:

NORMA Y MANUAL	DESIGNACIÓN
Calidad de Agregados Pétreos para Concreto Hidráulico	N·CMT·2·02·002
Muestreo de Agregados Pétreos	M·MMP·2·02·019

D. EQUIPO Y MATERIAL

El equipo para la ejecución del procedimiento estará en condiciones de operación, limpio y completo en todas sus partes. Todos los materiales por emplear serán de alta calidad, considerando siempre la fecha de su caducidad.

D.1. SIERRA PARA ROCA

Con las dimensiones y discos de corte adecuados dependiendo del tipo y tamaño de la muestra de roca.

D.2. MÁQUINA PERFORADORA

De ser necesaria, equipada con un barril giratorio con broca de diamante que permita obtener de la muestra de roca uno o más núcleos cilíndricos de 9 ± 1 mm de diámetro y 35 ± 5 mm de longitud.

D.3. ESMERILADORA O TORNO

Con la capacidad suficiente para conformar los extremos de los especímenes de prueba.

D.4. COMPARADOR DE LONGITUD

Capaz de realizar una medición precisa y rápida de la longitud de los especímenes de prueba, con las siguientes características:

- D.4.1.** Tendrá una variedad de puntas de contacto para seleccionar la que mejor se ajuste con los extremos cónicos del espécimen de prueba y garantizar mediciones reproducibles de la longitud. Se tendrá cuidado que cuando se usen especímenes con extremos cónicos como los indicados en la Fracción G.3. de este Manual, se asegure que exista contacto con todo el perímetro circular del extremo cónico verificando que sea concéntrico respecto al eje longitudinal del espécimen. Si el dispositivo de medición es un micrómetro de barril, estará provisto de un tope con retén que produzca una presión constante sobre el espécimen.
- D.4.2.** Contará con un micrómetro electrónico o de barril de alta precisión. El micrómetro de barril tendrá una carátula graduada que permita leer unidades de 0,001 ó 0,002 mm y aproximación de $\pm 0,002$ mm en cualquier rango de 0,020 mm y aproximación de $\pm 0,004$ mm en cualquier rango de 0,200 mm. Si el micrómetro es electrónico, contará con una pantalla que muestre las lecturas obtenidas con las aproximaciones ya mencionadas.
- D.4.3.** El rango de medición tendrá un recorrido de al menos 7,5 mm que permita medir con precisión las longitudes de los especímenes de prueba y las diferencias entre las longitudes de distintos especímenes.
- D.4.4.** Tendrá una barra de referencia de sílice fundida o de una aleación de acero con un coeficiente de expansión térmica no mayor de $1,0 \times 10^{-6}$ °C y una longitud total de 35 ± 2 mm. Los extremos estarán maquinados en la misma forma que el extremo del espécimen de roca. Si se usa una barra de referencia de aleación de acero, se podrá pulir pero sin someterla a un tratamiento de calor a fin de evitar cambios en su coeficiente de expansión.

D.5. BALANZA

Con capacidad mínima de 2 000 g y aproximación de 0,1 g.

D.6. HIDRÓXIDO DE SODIO (NaOH)

De grado reactivo.

D.7. FRASCO DE VIDRIO

De 1 L de capacidad, con tapa, graduado y con aproximación de 0,1 mL.

D.8. RECIPIENTES DE VIDRIO

De 250 mL de capacidad para la saturación de los especímenes de prueba en agua destilada.

D.9. FRASCOS DE ALMACENAMIENTO

De polietileno de alta densidad (PAD), con capacidad de 50 a 100 mL, con abertura adecuada para facilitar la inmersión y remoción de los especímenes, con un espesor mínimo de 0,50 mm y provistos de tapas que permitan un cierre hermético. El PAD utilizado para la fabricación de los frascos cumplirá con los requisitos de calidad para materiales tipo III, clase A, de acuerdo con lo indicado en la norma ASTM D1248-16, *Standard Specification for Polyethylene Plastics Extrusion Materials for Wire and Cable*.

D.10. MARCADOR

De tinta indeleble resistente al agua.

D.11. AGUA

Destilada.

D.12. PAPEL ABSORBENTE

De tamaño apropiado para retirar el exceso de agua del espécimen de prueba.

D.13. EQUIPO DE SEGURIDAD

De protección personal tal como anteojos transparentes, mascarillas y guantes de hule o látex.

E. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO

Previo al inicio de la prueba, en el frasco de vidrio graduado se prepara la solución de hidróxido de sodio, para lo cual se pesan 40 ± 1 g de hidróxido de sodio (NaOH) que se vierten en un 1 L de agua destilada y se mezcla agitando el frasco. De la solución obtenida se vierten en cada uno de los frascos de almacenamiento que se vayan a utilizar al menos 35 mL y se cierran herméticamente. Previo a la utilización de un frasco de almacenamiento, se verificará que la solución no haya sufrido alteraciones debido a alguna reacción con el material del frasco. La solución sobrante se almacenará en el frasco de vidrio graduado debidamente cerrado.

F. PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE PRUEBA

De la muestra de roca del banco de donde se obtendrán los agregados, obtenida de acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-2-02-019, *Muestreo de Agregados Pétreos*, con la máquina perforadora se obtienen los especímenes de prueba. Si la litología en la roca muestreada no presenta esquistos o discontinuidades, solo se obtiene un espécimen. Sin embargo, cuando se presenten uniones de esquistos o discontinuidades, se obtendrán 3 especímenes de prueba mutuamente perpendiculares entre sí, considerando para su estudio solo aquel espécimen que presente mayor cambio de longitud después de 28 días de inmersión en la solución de hidróxido de sodio, descartando los dos restantes. La preparación de los especímenes de prueba se realiza como se indica a continuación:

- F.1.** Los especímenes de prueba serán cilindros con extremos cónicos o planos. Los especímenes se conformarán utilizando la sierra para roca; el acabado y afine de los especímenes se realiza utilizando la esmeriladora o torno.
- F.2.** Tendrán una longitud total de 35 ± 5 mm y un diámetro de 9 ± 1 mm. Durante su preparación se evitará la alteración de la superficie del espécimen debido al pulimento o de cualquier otro procedimiento que pudiera afectar la velocidad de entrada de la solución alcalina en la roca.
- F.3.** El ángulo de los extremos cónicos de los especímenes será de 120° aproximadamente.

- F.4.** Se colocará una marca en la superficie del espécimen que identifique su extremo superior, para asegurar que se mantenga la misma posición en el comparador de longitudes en todas las mediciones que se le realicen. Si de la misma muestra se toman varios especímenes de prueba, cada uno de ellos se marca con el número de espécimen que le corresponda.

G. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

A cada espécimen de prueba se le realiza el siguiente procedimiento:

- G.1.** Antes de iniciar las mediciones, se ajustará el micrómetro del comparador de longitud utilizando la barra de referencia. A continuación se mide el espécimen de prueba y se registra su longitud inicial, L_i , en mm.
- G.2.** Se sumerge el espécimen de prueba en un recipiente de vidrio con agua destilada a una temperatura comprendida entre 20 y 27,5°C, verificando que quede perfectamente cubierto. Se identifica el recipiente con el espécimen sumergido rotulándolo con el número de identificación de la muestra de roca de donde se obtuvo y la fecha en la que se sumergió. Si de la muestra se obtuvieron varios especímenes estos se pueden sumergir en agua destilada en el mismo recipiente.
- G.3.** A diferentes intervalos de tiempo, se retira el espécimen del agua destilada y se seca su superficie con papel absorbente para retirar el exceso de agua. Se realiza la medición de su longitud con el comparador y se sumerge nuevamente en el agua destilada. Esta operación se repite hasta que el cambio de longitud del espécimen durante el periodo de inmersión en agua destilada no exceda del 0,02% de su longitud inicial, L_i . La longitud del espécimen obtenida en esta condición, se registra como la longitud de referencia, L_r , en mm, la cual usualmente es alcanzada en un periodo comprendido entre 1 y 4 días posteriores a la inmersión. Lo mismo se hace, en su caso, con los demás especímenes de la muestra.
- G.4.** Una vez que el espécimen se encuentre saturado, es decir, que la condición descrita en la Fracción anterior se cumpla, se lleva a cabo su inmersión en el frasco de almacenamiento que contiene la solución de hidróxido de sodio, considerando al menos 35 mL de solución de hidróxido de sodio por cada espécimen de prueba; el frasco con el espécimen se cierra herméticamente y se rotula el frasco de almacenamiento con el marcador colocando los datos que permitan la identificación del espécimen de prueba, número de identificación de la muestra de roca, fecha en la que se sumergió el espécimen en la solución de hidróxido de sodio y si es el caso, el número de especímenes totales obtenidos de la misma muestra de roca. No se sumergirán más de dos especímenes por cada frasco de almacenamiento.
- G.5.** Se deja reposar el frasco de almacenamiento con el espécimen de prueba a una temperatura comprendida entre 20 y 27,5°C, los tiempos que se indican en la Fracción G.6. de este Manual.
- G.6.** La medición de la longitud del espécimen se realiza a las edades de prueba de 7, 14, 21 y 28 días, y posteriormente a intervalos de 4 semanas hasta obtener la longitud del espécimen a los 3 meses de prueba registrándola como L_f , en mm. Si por alguna razón especial se continúa con la prueba por más de 1 año se continúan las mediciones a intervalos de 4 semanas hasta 1 año y de 12 semanas a partir del primer año.
- G.7.** En cada medición, se retira el espécimen de prueba del frasco, se enjuaga con agua destilada, se seca su superficie con papel absorbente para retirar el exceso de agua y se realiza la medición con el comparador de longitudes en la misma posición en la que se realizó la medición de la longitud de referencia, L_r . Una vez concluida la medición, se coloca nuevamente el espécimen en la misma posición dentro del frasco y se cierra herméticamente.
- G.8.** En el caso de que el periodo de prueba supere los 6 meses de duración, la solución de hidróxido de sodio se reemplazará por otra nueva.

H. CÁLCULOS Y RESULTADOS

- H.1. En esta prueba se calcula y reporta la expansión del espécimen a los 3 meses de prueba utilizando la siguiente expresión:

$$E = \left[\frac{L_f - L_r}{L_r} \right] \times 100$$

Donde:

E = Expansión del espécimen a los 3 meses de prueba, %, con aproximación al 0,01% de L_r

L_f = Longitud del espécimen a los 3 meses de prueba, mm

L_r = Longitud de referencia, obtenida de acuerdo con la Fracción G.3. de este Manual, mm

- H.2. Además de lo indicado en la Fracción anterior, se reporta:

- Banco y sitio de donde se obtuvo la muestra
- Tipo de roca
- Fecha de inicio y término de la prueba
- Número de especímenes probados de la misma muestra
- Número consecutivo del espécimen de prueba
- Cambios importantes en el espécimen de prueba observados durante su inmersión en la solución de hidróxido de sodio, como grietas, alabeos y descascarillado, entre otros.

I. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

Para evitar errores durante la ejecución de la prueba, se observarán las siguientes precauciones:

- I.1. Que la prueba se realice en un lugar cerrado, limpio y libre de cambios de temperatura y de partículas que provoquen la contaminación del espécimen de prueba, con ventilación indirecta abundante.
- I.2. Que todo el equipo esté perfectamente limpio, para que al realizar la prueba los materiales no se mezclen con agentes extraños que alteren el resultado.
- I.3. Que el comparador de longitud esté calibrado en todo su rango y colocado en una superficie horizontal, sin vibraciones que alteren las mediciones.
- I.4. Que la barra de referencia se coloque en el comparador de longitud, en la misma posición cada vez que se utilice.
- I.5. Que la balanza esté limpia en todas sus partes, bien calibrada y colocada en una superficie horizontal, sin vibraciones que alteren las lecturas.
- I.6. Que el ajuste del micrómetro del comparador de longitud, se realice cuando menos al inicio y al final de la prueba, procurando siempre que las mediciones de longitud de varios especímenes de prueba de una misma muestra, se realicen en un solo evento y a una temperatura ambiente constante.
- I.7. En caso de que la prueba se prolongue por más de 6 meses, que la solución de hidróxido de sodio sea reemplazada por otra nueva.
- I.8. Que la tapa de los frascos ajuste herméticamente para evitar fugas.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS
AV. COYOACÁN 1895
COL. ACACIAS
CIUDAD DE MÉXICO, 03240
WWW.GOB.MX/SCT

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
NUEVA YORK 115, 4o PISO
COL. NÁPOLES
CIUDAD DE MÉXICO, 03810
WWW.IMT.MX
NORMAS@IMT.MX