

**LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES**

**PARTE: 4. PAVIMENTOS**

**TÍTULO: 05. Materiales Asfálticos, Aditivos y Mezclas**

**CAPÍTULO: 047. Contenido de Cemento o Residuo Asfáltico en Mezclas Asfálticas por el Método Colorimétrico**

**A. CONTENIDO**

Este Manual describe el procedimiento de prueba para determinar el contenido de cemento o residuo asfáltico por el método colorimétrico en mezclas asfálticas a que se refiere la Norma N-CMT-4-05-003, *Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras*, en muestras tomadas conforme al Manual M-MMP-4-05-032, *Muestreo de Mezclas Asfálticas*.

**B. OBJETIVO DE LA PRUEBA**

Esta prueba permite determinar el contenido de cemento o residuo asfáltico en mezclas asfálticas, ya sean recién producidas o que formen parte de una capa construida con anterioridad. La prueba consiste en observar, mediante el equipo adecuado, el color que presenta una solución obtenida de una porción de la muestra de mezcla asfáltica sometida a varias diluciones en un disolvente específico, a fin de compararlo contra colores tipo de soluciones cuyas concentraciones de material asfáltico son conocidas y preparadas previamente con el mismo cemento o residuo asfáltico empleado en la fabricación de la mezcla asfáltica, obteniendo así por similitud el contenido de material asfáltico de la porción de la mezcla asfáltica.

**C. REFERENCIAS**

Son referencia de este Manual, la Norma N-CMT-4-05-003, *Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras* y el Manual M-MMP-4-05-032, *Muestreo de Mezclas Asfálticas*.

**D. EQUIPO Y MATERIALES**

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

**D.1. EQUIPO PARA COMPARAR COLORES**

Que puede ser alguno de los siguientes:

**D.1.1. Colorímetro fotoeléctrico**

De lecturas directas, provisto de ajuste en cero y controles para compensar las variaciones de voltaje, equipado con ampollitas de prueba de cristal con tapa hermética, suficientes para manejar las concentraciones de colores tipo y la dilución de la porción de la muestra asfáltica en estudio.

**D.1.2. Comparador de colores de luz directa**

Equipado con los filtros adecuados para su uso con productos asfálticos, con una fuente de luz para la visualización del color y con ampollitas de prueba de cristal con tapa hermética, suficientes para manejar las concentraciones de colores tipo y la dilución de la porción de la muestra asfáltica en estudio.

**D.2. CRONÓMETRO O RELOJ**

Con aproximación de 1 s.

**D.3. TUBOS DE ENSAYE**

Aforados a un volumen de 20 mL y equipados con tapón hermético de hule, los suficientes para contener los colores tipo y la dilución de la porción de la muestra asfáltica en estudio.

**D.4. BALANZAS**

**D.4.1.** Una con capacidad de 2 kg y aproximación de 0,1 g.

**D.4.2.** Una con capacidad de 100 g y aproximación de 0,01 g.

**D.5. PARRILLA ELÉCTRICA U HORNO**

Equipados con regulador de temperatura y capaces de mantener una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  y capacidad suficiente para contener la muestra de mezcla asfáltica.

**D.6. PIPETA VOLUMÉTRICA**

Graduada, con capacidad de al menos 2 mL y con aproximación de 0,1 mL.

**D.7. MATRAZ AFORADO**

De 1 L de capacidad, con aproximación de 0,1 mL y equipado con tapón esmerilado.

**D.8. FRASCOS DE VIDRIO CON TAPA HERMÉTICA**

**D.8.1.** Uno con capacidad de 1 L.

**D.8.2.** Uno con capacidad de 2 L.

**D.9. CHAROLAS PLANAS**

De lámina galvanizada, de forma rectangular y con las dimensiones suficientes para contener la muestra de mezcla asfáltica.

**D.10. CUCHARA DE ALBAÑIL O ESPÁTULA**

De tamaño adecuado para poder manipular el material.

**D.11. DISOLVENTE**

Se pueden utilizar otros grados de pureza distintos a los indicados más adelante, siempre que primero se compruebe que el disolvente es de una pureza suficientemente alta para permitir su uso sin disminuir la exactitud de la determinación. El disolvente del cemento o residuo asfáltico será alguno de los siguientes:

- Tetracloruro de carbono, grado de pureza HPLC (*High Purity Liquid Chromatography*), o
- tricloroetileno, grado de pureza técnico, tipo 1.

#### D.12. CAJA O ESTUCHE

Con tapa y de dimensiones suficientes para contener las ampollitas de prueba con los colores tipo.

### E. PREPARACIÓN DE LOS COLORES TIPO

Previo al inicio de la prueba se preparan los colores tipo necesarios para efectuar la comparación de la porción de la muestra de mezcla asfáltica, de acuerdo con lo indicado a continuación:

#### E.1. ACTIVIDADES PREVIAS

De la Tabla 1 se selecciona la cantidad de cemento o residuo asfáltico ( $N$ ), en g, correspondiente al porcentaje que se estima contendrá una porción de 500 g de la muestra de mezcla asfáltica bajo estudio; además, con el fin de establecer un rango y cubrir posibles variaciones, se seleccionan suficientes valores correspondientes a otras cantidades de cemento o residuo asfáltico ( $N$ ) por arriba y por abajo del valor elegido, a fin de tener un intervalo de comparación. Con estos, se procede a preparar cada uno de los colores tipo de acuerdo con lo indicado en la Fracción E.2. de este Manual.

**TABLA 1.- Proporciones de cemento o residuo asfáltico**

Proporción en masa de cemento o de residuo asfáltico en la mezcla, respecto a la masa del material pétreo en %	Contenido de cemento o residuo asfáltico en 500 g de mezcla asfáltica $N$ en g
2,0	9,80
2,5	12,19
3,0	14,56
3,5	16,91
4,0	19,23
4,5	21,53
5,0	23,81
5,5	26,07
6,0	28,30
6,5	30,52
7,0	32,71
7,5	34,88
8,0	37,04
8,5	39,17
9,0	41,28
9,5	43,38
10,0	45,45

#### E.2. PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN DE LOS COLORES TIPO

**E.2.1.** Considerando la proporción en masa de cemento o de residuo asfáltico en la mezcla respecto a la masa del material pétreo seleccionada en la Fracción anterior, se toma una

porción de una muestra de cemento o residuo asfáltico del que se empleó para fabricar la mezcla asfáltica bajo prueba, verificando su masa con la balanza de 100 g de capacidad.

- E.2.2. Se coloca la porción de cemento o residuo asfáltico en el matraz de 1 L, donde se le agrega el disolvente elegido hasta la marca de aforo; inmediatamente se tapa y agita hasta disolver el material asfáltico.
- E.2.3. Empleando la pipeta volumétrica se toman del matraz 2 mL de la solución ahí contenida, los cuales se vierten en uno de los tubos de ensaye aforados.
- E.2.4. Inmediatamente después, empleando el mismo disolvente del Inciso E.2.2., se llena el tubo de ensaye hasta la marca de aforo de 20 mL y se le coloca su tapón, lo que permitirá agitarlo varias veces hasta lograr una solución homogénea, cuya concentración en estas condiciones será de  $N$  g de cemento o residuo asfáltico en 10 L de disolvente.
- E.2.5. Empleando la pipeta volumétrica, se toman nuevamente 2 mL de la solución contenida en el primer tubo de ensaye y se vierten en un segundo tubo de ensaye, donde se someten al mismo tratamiento descrito en el Inciso anterior, obteniendo una concentración de  $N$  g de cemento o residuo asfáltico en 100 L de disolvente.
- E.2.6. Con la solución resultante se llena una ampollita de prueba, la cual después de cerrarse herméticamente, se marca con el contenido en por ciento de cemento o residuo asfáltico que representa, obteniendo el dato de la Tabla 1 de este Manual. De esta forma queda elaborado el primer color tipo de la serie que se requiere para efectuar la comparación contra la porción de la muestra de mezcla asfáltica.
- E.2.7. Sucesivamente cada uno de los colores tipo faltantes se elaboran siguiendo el procedimiento descrito en los Incisos E.2.1. a E.2.6. de este Manual, utilizando las demás porciones de cemento o residuo asfáltico seleccionadas para generar el intervalo de comparación, según lo señalado en la Fracción E.1.
- E.2.8. Una vez preparada la serie de colores tipo se colocan en una caja o estuche para preservarlos y guardarlos en un lugar apropiado para protegerlos del calor y de la luz, mientras no son utilizados.

## F. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La preparación de la muestra de mezcla asfáltica, obtenida según se establece en el Manual M-MMP-4-05-032, *Muestreo de Mezclas Asfálticas*, se hace de la siguiente manera:

- F.1. Si la muestra de mezcla asfáltica no está lo suficientemente suave para prepararla con una cuchara de albañil o espátula, se coloca en una charola plana y se calienta en una parrilla eléctrica u horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  durante el tiempo necesario para poder manejarla y homogeneizarla, obteniendo, en ese instante mediante cuarteos, una porción de la muestra de mezcla asfáltica cuya masa sea aproximadamente 1 kg.
- F.2. Esta porción de la muestra de mezcla asfáltica se coloca en una charola y se calienta a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  durante el tiempo necesario para evaporar los disolventes y el agua que contiene, removiéndola constantemente con la espátula o cuchara de albañil para evitar sobrecalentamientos que pudieran afectar sus características, hasta que deje de observarse a simple vista la evaporación del agua.

## G. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

El procedimiento de prueba es similar al empleado para preparar los colores de prueba y consiste en lo siguiente:

- G.1.** Uno de los frascos de 2 L, limpio y seco, se coloca sobre la balanza de 2 kg de capacidad y se determina su masa, en g.
- G.2.** Posteriormente en el frasco de 2 L se coloca una porción de 500 g de la muestra de mezcla asfáltica preparada de acuerdo con lo indicado en la Cláusula anterior, para lo cual, a la masa del frasco y la porción de la muestra registrada en la balanza de 2 kg de capacidad, se descuenta la masa del frasco vacío determinada en la Fracción anterior.
- G.3.** Inmediatamente después, se adiciona a la porción de la muestra de mezcla asfáltica 1 L del mismo disolvente utilizado en el Inciso E.2.2. de este Manual, se cierra el frasco herméticamente y se agita su contenido vigorosamente hasta que se disuelva el cemento o residuo asfáltico y se pueda observar el material pétreo sin mostrar residuos de éste.
- G.4.** El frasco con su contenido se deja en reposo durante un periodo de al menos 15 min, a fin de permitir la sedimentación de las partículas finas.
- G.5.** Se retira la tapa del frasco y empleando la pipeta volumétrica se toman 2 mL de la parte superior del líquido contenido, los cuales se vierten en uno de los tubos de ensaye.
- G.6.** Inmediatamente después, empleando el mismo disolvente seleccionado, se llena el tubo de ensaye hasta la marca de aforo de 20 mL y se le coloca su tapón, lo que permitirá agitarlo hasta lograr la homogeneización de su contenido. En esta segunda dilución se obtiene una concentración de  $N$  g de cemento o residuo asfáltico en 10 L de disolvente.
- G.7.** Se hace una tercera dilución tomando del tubo de ensaye de la segunda dilución, mediante la pipeta, 2 mL del contenido, y se colocan en un nuevo tubo de ensaye, el cual se llena hasta su marca de aforo de 20 mL empleando el mismo disolvente seleccionado, y por último se homogeneiza el contenido en la forma descrita en la Fracción anterior. Esta tercera dilución tendrá una concentración de  $N$  g de cemento o residuo asfáltico en 100 L de disolvente, que es precisamente la misma concentración que la de los colores tipo y por lo tanto son compatibles para su comparación.
- G.8.** A continuación y sin dar tiempo a que se afecte la concentración por volatilización del disolvente, se llena una ampollita de prueba con el contenido de la tercera dilución y se cierra herméticamente, para que finalmente mediante el equipo citado en la Fracción D.1., se efectúe la comparación colorimétrica, a través de las lecturas obtenidas de cada ampollita de prueba utilizando el colorímetro fotoeléctrico o de la comparación visual del color, a fin de determinar cuál de los colores tipo coincide en intensidad con el de la dilución obtenida de la porción de la muestra de mezcla asfáltica.

## H. CÁLCULOS Y RESULTADOS

En esta prueba se calcula y reporta:

- H.1.** En por ciento, el cemento o residuo asfáltico ( $CA$ ), respecto a la masa del material pétreo que contiene la mezcla asfáltica, correspondiente al color tipo que coincide con el de la ampollita de prueba, pudiendo hacerse interpolaciones entre dos colores tipo y aproximando al décimo el valor del porcentaje de cemento o residuo asfáltico contenido en la mezcla.
- H.2.** En por ciento, el contenido de cemento o residuo asfáltico de la mezcla asfáltica ( $CA_m$ ), respecto a la masa de la misma, que se determina mediante la siguiente expresión:

$$CA_m = \frac{N}{500} \times 100 (\%)$$

Donde:

$CA_m$  = Contenido de cemento asfáltico en la mezcla asfáltica, respecto a la masa de la misma, (%)

$N$  = Contenido de cemento asfáltico o de residuo asfáltico obtenido de la Tabla 1 de este Manual, correspondiente al color tipo que coincida con el de la ampolleta de prueba, (g)

## I. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

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

- I.1. Realizar la prueba en un lugar cerrado, limpio, con ventilación indirecta abundante, equipado con un sistema de extracción capaz de expulsar eficazmente del ambiente de trabajo los materiales volatilizados en el entendido de que los disolventes empleados son tóxicos, libre de cambios de temperatura y de partículas que provoquen la contaminación de las porciones de las muestras de mezcla asfáltica.
- I.2. Cuidar 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 una vez que se preparen los colores tipo y hasta que sean requeridos, se guarden en la caja o estuche dispuesto para tal fin y se almacenen perfectamente tapados en un lugar fresco que no esté sujeto a cambios bruscos de temperatura.
- I.4. Que los cierres de las ampolletas de prueba con los colores tipo, de los frascos y tubos de ensaye empleados durante la prueba queden perfectamente herméticos para evitar fugas.
- I.5. Que las balanzas estén limpias en todas sus partes, bien calibradas y colocadas en una superficie horizontal, sin vibraciones que alteren las lecturas.
- I.6. Que las ampolletas de prueba con los colores tipo sólo se expongan a la luz el tiempo necesario para hacer las comparaciones, con objeto de evitar cambios en su coloración, reponiéndolas cada 2 meses como máximo, siempre y cuando no ocurran otros cambios que obliguen a hacerlo antes.
- I.7. Que las diluciones de los colores tipo no presenten turbiedad, ya que de ser así serán repuestas por otras nuevas.
- I.8. Preparar los colores tipo para cada mezcla asfáltica en particular, ya que en caso de cambiarse los materiales o cuando se estime que estos han sufrido variaciones significativas, se preparará una nueva serie de colores tipo, identificándola debidamente y desechando la serie anterior.
- I.9. Que las mediciones realizadas con el equipo seleccionado para comparar colores se realicen siguiendo las especificaciones de uso proporcionadas por el fabricante.

SECRETARÍA DE  
COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES