

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE LIGANTE EN MEZCLAS ASFÁLTICAS UTILIZANDO UN MEDIDOR NUCLEAR

INV E – 743 – 13

1 OBJETO

- 1.1** Esta norma describe el procedimiento para la determinación cuantitativa del contenido de ligante asfáltico en mezclas asfálticas, ensayando una muestra con un medidor nuclear que utiliza técnicas de termalización de neutrones.
- 1.2** Las operaciones y el mantenimiento del medidor nuclear no están cubiertos en detalle. Se debe consultar el manual del fabricante para los pormenores.
- 1.3** Esta norma reemplaza la norma INV E-743-07.

2 RESUMEN DEL MÉTODO

- 2.1** Este procedimiento se puede usar para determinar rápidamente el contenido de ligante en una mezcla asfáltica. Es apropiado para ensayos de control de calidad y de aceptación en la construcción, así como para aplicaciones en investigación y desarrollo. Este procedimiento es útil solamente en la determinación del contenido de ligante asfáltico y no está dispuesto para la realización análisis granulométricos.
- 2.2** Mediante este procedimiento, el contenido de ligante asfáltico de una muestra de prueba se determina comparando el contenido medido de ligante asfáltico con datos de calibración previamente establecidos. El contenido de ligante asfáltico se expresa como un porcentaje de la masa de la mezcla asfáltica.
- 2.3** La exactitud de los resultados depende de la correcta calibración del medidor nuclear al material que va a ser probado, como se describe en el Anexo A. Este procedimiento es sensible al tipo y a la gradación del agregado, al aditivo utilizado para mejorar la adhesión, y al tipo y porcentaje del ligante asfáltico.
- 2.4** Este procedimiento mide la cantidad total de hidrógeno en una muestra, incluyendo el hidrógeno presente en forma de agua. A menos que la muestra de prueba esté totalmente libre de agua, la humedad se deberá determinar de acuerdo con la norma INV E-755, y su porcentaje deberá ser sustraído del

contenido de ligante asfáltico medido por el medidor nuclear. Alternativamente, se puede secar la muestra en un horno a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$) hasta masa constante antes del ensayo, anulando así la necesidad de efectuar una corrección a causa de la humedad.

- 2.5** Este procedimiento se puede usar con pavimentos asfálticos reciclados (RAP) incorporados a la mezcla asfáltica, siempre y cuando el RAP presente uniformidad en cuanto a la gradación, al contenido y al tipo de ligante asfáltico. Cuando se use RAP, éste se debe mezclar en las muestras de calibración en la misma proporción en la que será usado en el proyecto de construcción.

3 EQUIPO

- 3.1** *Medidor nuclear para la determinación de contenido de ligante asfáltico* – Compuesto por:
- 3.1.1** *Fuente de neutrones* – Una fuente radiactiva encapsulada y sellada.
 - 3.1.2** *Detectores de neutrones termales.*
 - 3.1.3** *Instrumento para la lectura del porcentaje de ligante asfáltico* – Con aproximación de 0.1 %.
 - 3.1.4** *Tres o más cazuelas de acero inoxidable para muestras* – De acuerdo con los requerimientos del medidor.
- 3.2** *Mezclador mecánico* – Con capacidad de 10 kg (22 lb), capaz de producir una mezcla asfáltica completa, homogénea y bien cubierta.
- 3.3** *Recipientes para muestras* – Tales como tarros de pintura o cajas de cartón sin encerar, no adsorbentes, que se puedan cerrar para prevenir la contaminación de la muestra, y capaces de resistir el calor de la mezcla asfáltica a la temperatura de mezclado.
- 3.4** *Aparato cuarteador de mezclas* – De conformidad con los requerimientos de la norma INV E-202, método B.
- 3.5** *Balanza* – Para uso general, de 20 kg (44 lb) de capacidad y una legibilidad de 0.1 g.

- 3.6** *Horno secador* – Capaz de contener el tamaño y el número de muestras, de cualquiera de los siguientes tipos:
- 3.6.1** Horno de convección de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura de $177 \pm 3^{\circ} \text{C}$ ($350 \pm 5^{\circ} \text{F}$).
 - 3.6.2** Horno microondas, que no sea perjudicial para el agregado, capaz de mantener una temperatura de $177 \pm 3^{\circ} \text{C}$ ($350 \pm 5^{\circ} \text{F}$).
- 3.7** *Placa niveladora* – Plana, rígida, de metal [espesor mínimo de 10 mm (0.4")]; de plexiglás [espesor mínimo de 12 mm (0.5")] o de madera laminada no absorbente [espesor mínimo de 19 mm (0.75")], un poco más grande que las cazuelas de muestra.
- 3.8** *Termómetro* – Con un rango de temperatura de 10 a 200° C (50 a 500° F).
- 3.9** *Elementos misceláneos* – Cazuelas, cucharas, espátulas y recipientes para mezclar.
- 3.10** *Información sobre materiales radiactivos* – Un paquete de calibración que contenga:
- 3.10.1** Requisitos del conteo normal diario.
 - 3.10.2** Hoja de datos de calibración de fábrica/laboratorio.
 - 3.10.3** Certificado de prueba de fugas.
 - 3.10.4** Declaración del expendedor de productos peligrosos.
 - 3.10.5** Guía sobre el procedimiento para almacenamiento, transporte y manejo del equipo para pruebas nucleares.
 - 3.10.6** Documentación de otros materiales radiactivos, de conformidad con los requerimientos de regulación en la localidad.

4 PRECAUCIONES

- 4.1** El medidor nuclear para determinar el contenido de ligante asfáltico puede ser sensible a influencias externas y, por lo tanto:

- 4.1.1** Cualquier otra fuente de radiación de neutrones se debe mantener a, por lo menos, 10 metros (33 pies) del aparato durante su uso.
 - 4.1.2** Durante su uso, no podrá haber materiales hidrogenados tales como agua, plástico, ligante asfáltico o mezclas asfálticas a menos de 1 m (3.3 pies) del aparato.
 - 4.1.3** Todo el personal se debe mantener a 1 m (3.3 pies) o más, del medidor durante las pruebas.
 - 4.1.4** El medidor nuclear no debe estar colocado a menos de 10 m (33 pies) de ningún tanque de suministro de agua, tanques de combustible u otros recipientes con líquidos sujetos a fluctuación de nivel del líquido.
- 4.2** El traslado del aparato a un lugar diferente, aún dentro del mismo laboratorio, puede producir cambios en las medidas de radiación, debido a las variaciones en el ambiente que lo rodea. Siempre que las condiciones del ambiente cambien, será necesario realizar medidas a causa del cambio ambiental y posiblemente una nueva calibración, antes de utilizar de nuevo el aparato. En las Secciones 5 y 6 se presentan instrucciones concernientes a las medidas de calibración y ambientales.

5 CALIBRACIÓN

- 5.1** Se deben hacer calibraciones y calibraciones cruzadas en mezclas asfálticas probadas con medidores y transferir las calibraciones entre ellos, de acuerdo con el Anexo A.

6 NORMALIZACIÓN

- 6.1** Todos los días antes de tomar las medidas de ensayo, o cuando el equipo haya sido cambiado de lugar o cuando las condiciones a 1 m (3.3 pies) de él se hayan modificado, se deberá obtener y registrar un conteo bajo las condiciones ambientales imperantes, de acuerdo con las especificaciones del fabricante. El tiempo empleado para medir el efecto del ambiente debe ser el mismo que se usa para las medidas de los ensayos rutinarios.
- 6.2** Si el conteo obtenido como resultado del cambio en el ambiente del aparato no varía en más de 1 % en relación con las medidas previas, se puede

considerar que el aparato está estable y aceptable para uso. Siempre que el medidor sea movido o si las condiciones que lo rodean cambian, se deberán obtener conteos adicionales a causa del efecto ambiental, hasta que la norma del 1 % sea satisfecha.

7 PROCEDIMIENTO

- 7.1 Se obtiene una mezcla representativa de mezcla asfáltica de acuerdo con la norma INV E-731. Si se requiere, la mezcla se reduce al tamaño apropiado para la prueba dividiéndola o cuarteándola de acuerdo con la norma INV E-776. Siempre que sea posible, el ensayo se deberá realizar con una mezcla asfáltica caliente y fresca y no con una mezcla recalentada. Si la mezcla asfáltica se enfría y es necesario recalentarla, se debe calentar hasta el punto medio del rango de temperatura de compactación recomendado para el ligante usado en la mezcla asfáltica.
- 7.2 Se determina la masa de una cazuela limpia y se tara en la balanza.
- 7.3 Se coloca la mezcla asfáltica en la cazuela hasta llenar aproximadamente la mitad. Se apisona ligeramente la mezcla con una cuchara o una espátula precalentadas.
- 7.4 Se coloca mezcla asfáltica adicional en la cazuela hasta obtener la masa requerida, dentro de $\pm 5\text{g}$, como se indica en el Anexo A.
- 7.5 Se coloca la placa niveladora encima de la muestra asfáltica inmediatamente después de llenada la cazuela. Se compacta la mezcla hasta que quede al nivel del borde de la cazuela presionando la placa hacia abajo. Se debe asegurar que la mezcla asfáltica no sobresalga de la cazuela.
- 7.6 Se registra la masa de la mezcla asfáltica compactada en la cazuela. Esta masa se deberá ser igual a la masa objetivo $\pm 5\text{ g}$.

Nota 1: Si el medidor no tiene capacidad para compensar la temperatura, se debe medir y registrar la temperatura del espécimen compactado. Esta temperatura debe estar dentro de $\pm 5^\circ\text{C}$ (9°F) de la temperatura del espécimen de la prueba de calibración.

- 7.7 Si el medidor tiene la capacidad de almacenar múltiples calibraciones, se activa la calibración para la mezcla asfáltica particular que se está ensayando. Se coloca la cazuela dentro del medidor y se realiza un conteo de 4 minutos.

- 7.8** Se determina el contenido del ligante asfáltico sin corregir, por lectura directa del medidor, por el gráfico de calibración o mediante la fórmula suministrada por el fabricante. Se registra el contenido de ligante asfáltico sin corregir de la lectura de los 4 minutos, redondeado a 0.1 %.
- 7.9** Usando una porción representativa de la muestra original o una porción del material retirado de la cazuela del medidor, se determina la humedad de la mezcla asfáltica de acuerdo con la norma INV E-755, y se registra redondeado a 0.1 %. Alternativamente, se puede secar la muestra en un horno a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$) hasta masa constante antes del ensayo, anulando así la necesidad de efectuar una corrección a causa de la humedad.

8 CÁLCULOS

- 8.1** Si se ha determinado la humedad de la mezcla, su valor deberá ser restado del contenido de ligante sin corregir determinado por el medidor. Se anota este valor como el contenido de asfalto en la muestra ensayada.

9 INFORME

- 9.1** Se debe reportar la siguiente información:
- 9.1.1** Marca, modelo y número de serie del medidor nuclear usado para la determinación del contenido de ligante asfáltico.
 - 9.1.2** Fecha y fuente de la calibración.
 - 9.1.3** Fecha de la prueba.
 - 9.1.4** Nombre y firma del operador.
 - 9.1.5** Conteo ambiental del día del ensayo.
 - 9.1.6** Identificación de la mezcla asfáltica.
 - 9.1.7** Tipo de agregado y fuente de procedencia.
 - 9.1.8** Tipo de ligante asfáltico y fuente de procedencia.

- 9.1.9 Procedencia y cantidad del líquido aditivo mejorador de adherencia o cal hidratada, cuando se hayan usado.
- 9.1.10 Masa y temperatura de la muestra de calibración.
- 9.1.11 Masa y temperatura de la muestra de ensayo, si el medidor nuclear no tiene capacidad para compensar la temperatura.
- 9.1.12 Lectura del medidor nuclear.
- 9.1.13 Valor del contenido corregido del ligante asfáltico, aproximado a 0.1 %.

10 NORMAS DE REFERENCIA

AASHTO T 287-06

ANEXO A (Aplicación obligatoria)

PREPARACIÓN DE MUESTRAS Y CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR NUCLEAR

A.1 Objeto

- A.1.1 Este Anexo abarca la preparación de muestras y la calibración de medidores nucleares para la determinación de contenido de ligante asfáltico. El Anexo incluye la calibración de la fórmula de trabajo de la mezcla asfáltica (FTM) y la calibración cruzada entre los medidores maestro y de campo.

A.2 Muestreo

- A.2.1 Se obtienen muestras de agregado de acuerdo con la norma INV E-201. Se requieren aproximadamente 50 kg (110 lb) para los especímenes de calibración.
- A.2.2 Se obtienen muestras del ligante asfáltico de acuerdo con la norma INV E-701. Se requieren aproximadamente 4 litros (1 galón).

Nota A.1: La mayor exactitud con que se preparen los ingredientes (incluidos aditivos mejoradores de adherencia, líquidos o cal hidratada) para igualar la fórmula de trabajo,

permitirá que los puntos de calibración sean lo más cercanos posibles a la producción de la mezcla asfáltica. Por lo tanto, los resultados serán más precisos.

A.3 Preparación del agregado

- A.3.1** Cuando se emplee cal, se debe hidratar la cantidad apropiada sobre el agregado.
- A.3.2** Se seca el agregado hasta masa constante, usando los aparatos y temperaturas indicados en la norma INV E-216.
- A.3.3** Se separa el agregado combinado tamizándolo en seco en los tamices especificados, incluyendo el material menor de 75 µm (No. 200).
- A.3.4** Se calcula el total de masa requerida para cada tamiz especificado, usando la siguiente fórmula:

$$X = \frac{T (100 - P)}{100} \quad [743.1]$$

Donde: X: Masa acumulada requerida de la bachada para cada tamiz especificado, g;

T: Masa total inicial del agregado, g;

P: Porcentaje que pasa por cada tamiz especificado de acuerdo con la fórmula de trabajo para la mezcla (FTM).

- A.3.5** Se efectúa una corrección por el polvo del agregado, como sigue:

A.3.5.1 Se prepara una muestra para gradación por lavado, a partir de las masas calculadas en el numeral A.3.4.

A.3.5.2 Se realiza la gradación por lavado, de acuerdo con las normas INV E-213 e INV E-214.

A.3.5.3 Se calcula la masa corregida de la bachada para cada tamiz especificado para los puntos de calibración, usando la siguiente fórmula:

$$Z_n = \frac{X^2}{Y} \quad [743.2]$$

Donde: Z_n : Masa de bachada acumulada corregida, para cualquier tamaño de tamiz n , g;

X : Masa de bachada acumulada pre-lavada, para cada tamiz especificado, g;

Y : Masa de bachada acumulada pos-lavada, para cada tamiz especificado, g.

A.3.6 Se combina todo el agregado en las proporciones correctas para igualar la fórmula de trabajo para la mezcla (FTM), usando las masas calculadas en el numeral A.3.5.3.

A.4 Preparación del ligante asfáltico

A.4.1 Se calienta en un recipiente tapado un mínimo de 2 litros (½ galón) del ligante asfáltico hasta el punto medio del rango de temperatura de mezcla. Si se usa, se agrega al ligante asfáltico la cantidad apropiada de líquido aditivo mejorador de adherencia o cal hidratada. El ligante asfáltico se deberá usar tan pronto alcance el punto medio del rango de temperatura de mezcla. Si ello no es posible, el ligante asfáltico se podrá mantener a esta temperatura por un período no mayor de 4 horas. No se admite enfriar y recalentar el ligante asfáltico.

A.4.2 *Método A* – Porcentaje del ligante asfáltico por masa de la mezcla asfáltica.

A.4.2.1 Se calcula la masa del ligante asfáltico para cada punto de calibración, de la siguiente manera:

$$B = E (P_{bm}) \quad [743.3]$$

Donde: B : Masa del ligante asfáltico, redondeada a 0.1 g;

E : Masa de la mezcla asfáltica, g;

P_{bm} : Porcentaje del ligante asfáltico en relación con la masa total de la mezcla asfáltica, expresado como decimal.

A.4.2.1.1 Se deberán preparar mezclas con diferentes contenidos de ligante, en incrementos de 0.8 %. El número mínimo de mezclas será de cuatro y sus contenidos de ligante serán los siguientes: óptimo de ligante – 0.8 %, óptimo, óptimo + 0.8 % y óptimo + 1.6.

A.4.2.2 Se calcula la masa de agregado requerida para cada punto de calibración como sigue:

$$A = E - B \quad [743.4]$$

Donde: A: Masa del agregado, redondeada a 0.1 g;

A.4.3 *Método B* – Porcentaje del ligante asfáltico por masa del agregado.

A.4.3.1 Se calcula la masa del agregado para cada punto de calibración como sigue:

$$A = \frac{E}{1 + P_{ba}} \quad [743.5]$$

Donde: P_{ba} : Porcentaje del ligante asfáltico respecto a la masa del agregado, expresado como decimal.

A.4.3.1.1 Se deberán preparar mezclas con diferentes contenidos de ligante, en incrementos de 0.8 %. El número mínimo de mezclas será de cuatro y sus contenidos de ligante serán los siguientes: óptimo de ligante – 0.8 %, óptimo, óptimo + 0.8 % y óptimo + 1.6.

A.4.3.2 Se calcula la masa del ligante asfáltico requerido para cada punto de calibración, como sigue:

$$B = A (P_{ba}) \quad [743.6]$$

A.5 Preparación de especímenes

- A.5.1** El agregado y el ligante asfáltico se deben calentar hasta el punto medio del rango de temperatura de mezcla para ese ligante asfáltico. Una vez que estos materiales se hayan estabilizado a esta temperatura, se procede con los siguientes pasos:
- A.5.2** Se determina la masa del recipiente para elaborar mezclas en caliente, con aproximación a 0.1 g.
- A.5.3** Se coloca en el recipiente un espécimen de agregado caliente, de la masa requerida con aproximación a 0.1 g.
- A.5.4** Se forma un cráter lo suficientemente grande en el agregado para contener la masa requerida del ligante asfáltico.
- A.5.5** Se coloca sobre la balanza el recipiente para mezcla. Se agrega en el cráter del agregado, la masa requerida del ligante asfáltico precalentado con aproximación a 0.1 g.
- A.5.6** Se mezclan mecánicamente el agregado y el ligante asfáltico en forma rápida, por un mínimo de 2 minutos, hasta obtener homogeneidad. Se examinan el fondo y los lados del recipiente para ver si hay agregado y ligante asfáltico sin mezclar. Si es necesario, se mezcla nuevamente de forma manual hasta que queden totalmente mezclados.

Nota A.2: No se recomienda el mezclado manual. Sin embargo, se puede hacer la mezcla manual en un recipiente grande. En este caso, el tiempo de mezclado deberá ser de, por lo menos, 5 minutos, pero podría ser más largo para asegurar un mezclado completo.

- A.5.7** Se retira la mezcla asfáltica del recipiente y se determina la masa del recipiente vacío para asegurar que todo el material ha sido retirado. La masa del recipiente debe estar entre ± 5 g de la determinada en el numeral A.5.2. Si no lo está, se raspa el recipiente con una espátula y se deposita el exceso en la muestra, hasta que la masa del recipiente esté dentro de la tolerancia.

A.6 Determinación de la masa objetivo

- A.6.1** Se prepara una bachada inicial (“butter”) para determinar la masa que será usada para las mezclas de calibración, utilizando una combinación de ligante asfáltico y agregado que se aproxime a las bachadas reales.

A partir de experiencias con la gravedad específica del agregado y su gradación, la masa objetivo se deberá encontrar entre 6000 y 9000 g.

Nota A.3: Para encontrar una masa inicial aproximada, se coloca el agregado seco en una cazuela de muestra del medidor nuclear. Se llena el recipiente hasta la mitad y se deja caer desde una altura de 25 mm (1"). Se llena el recipiente hasta que rebose y se empareja con el borde. Se determina esta masa, y se le añade 10 % para obtener una masa aproximada de inicio.

- A.6.2** Se mezclan el agregado y el ligante asfáltico precalentados de acuerdo con la Sección A.5.
- A.6.3** Se determina la masa de una cazuela limpia para muestra del medidor nuclear y se tara en la balanza.
- A.6.4** Se coloca la mezcla asfáltica en la cazuela hasta que llegue más o menos a la mitad y se apisona ligeramente con una cuchara o una espátula precalentadas.
- A.6.5** Se pone el resto de la mezcla asfáltica en la cazuela de manera que quede amontonada a ± 13 mm ($\frac{1}{2}$ ") por encima del borde.
- A.6.6** Se coloca la placa niveladora encima de la mezcla asfáltica inmediatamente después de haber llenado la cazuela. Se compacta la mezcla presionando la placa, hasta que esté al nivel del borde de la cazuela y se verifica que la mezcla asfáltica no sobresalga de él.
- A.6.7** Se determina y anota la masa de la mezcla asfáltica compactada en la cazuela. Este valor es la masa neta. La calibración subsecuente y los especímenes de muestra deberán encontrarse dentro de ± 5 g de esta masa.

A.7 Calibración (Generalidades)

- A.7.1** El tipo de agregado, la fuente y el grado del ligante asfáltico, el aditivo líquido mejorador de adherencia o la cal hidratada, y la gradación de mezcla asfáltica, influenciarán los resultados de prueba obtenidos usando este procedimiento. Por consiguiente, se debe desarrollar una curva de calibración para cada combinación de estos factores.
- A.7.2** La curva de calibración debe cubrir el rango de valores que se espera encontrar en las muestras de campo. Los límites para la curva de calibración deben considerar las fluctuaciones admitidas en el

contenido de ligante asfáltico más la humedad permitida del agregado (la cual se lee como ligante asfáltico en el medidor nuclear). Como mínimo, se debe usar 0.8 % por debajo del óptimo, el óptimo, y 0.8 % y 1.6 % por encima del contenido de ligante asfáltico óptimo, al preparar las cazuelas para la curva de calibración.

A.8 *Calibración de la fórmula de trabajo para la mezcla*

- A.8.1** Se preparan 4 muestras de agregado usando la masa objetivo determinada en el numeral A.6.7. Se colocan en cazuelas separadas, diseñadas para transferir el agregado seco a un recipiente para mezcla con una mínima pérdida de agregado. Se colocan en un horno ajustado al punto medio del rango de temperaturas de mezcla para el ligante asfáltico usado.
- A.8.2** Se determinan las masas del agregado y del ligante asfáltico para cada muestra de calibración, de acuerdo con las Secciones A.3 y A.4, respectivamente.
- A.8.3** Se mezclan el agregado y el ligante asfáltico precalentados, de acuerdo con la Sección A.5.
- A.8.4** Se determina la masa de una cazuela limpia de muestra para el medidor y se tara en la balanza.
- A.8.5** Se coloca mezcla asfáltica hasta la mitad de la cazuela. Se apisona ligeramente con una cuchara o una espátula precalentadas.
- A.8.6** Se pone el resto de la mezcla asfáltica en la cazuela de manera que sobresalga unos 13 mm (0.5") por encima del borde de ella.
- A.8.7** Se coloca la placa niveladora encima de la mezcla asfáltica inmediatamente después de haber llenado la cazuela. Presionando con la placa, se compacta la mezcla hasta que esté al nivel del borde de la cazuela y se verifica que la mezcla asfáltica no sobresalga por encima de él.
- A.8.8** Se determina y anota la masa de la mezcla asfáltica compactada en la cazuela. La masa deberá estar dentro de $\pm 5g$ de la masa neta determinada en el numeral A.6.7.

- A.8.9** Se coloca la cazuela en el medidor nuclear y se prosigue de acuerdo con las instrucciones del fabricante para la operación del equipo y la secuencia de las operaciones.

Nota A.4: No se debe olvidar llevar a cabo un conteo por condiciones ambientales, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

- A.8.10** Se repiten los pasos A.8.2 a A.8.9, inclusive, para las otras muestras de calibración.

A.9 *Presentación de datos de calibración*

- A.9.1** Para medidores nucleares que generan la calibración internamente:

A.9.1.1 Se imprimen o anotan los coeficientes de la fórmula, el coeficiente de ajuste y la diferencia porcentual de cada punto de calibración. Si el coeficiente de ajuste es menor de 0.998 para una mezcla asfáltica de gradación densa o de 0.995 para una mezcla asfáltica de gradación abierta, o cualquier punto de calibración tiene una diferencia porcentual calculada mayor de 0.09 %, la calibración es inaceptable y se deberá proceder nuevamente.

A.9.1.2 Se guarda la calibración aceptable en la memoria del medidor, usando la fórmula de trabajo para la mezcla (FTM) y un número de calibración fácilmente reconocible, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

- A.9.2** Para medidores nucleares que no generan la calibración internamente:

A.9.2.1 Se prepara una curva de calibración relacionando en un papel cuadriculado las lecturas del medidor para las muestras de calibración con el contenido de ligante asfáltico, escogiendo factores de escala convenientes para los dos parámetros.

A.10 *Calibración cruzada (Cuando sea aplicable)*

- A.10.1** Los coeficientes de la fórmula se registran en el medidor de campo en el modo de transferencia durante el proceso de calibración cruzada. Los coeficientes de la nueva fórmula, al imprimirse, no se asemejarán a los valores registrados, puesto que ellos cambiarán basados en esta relación. Para una información más detallada sobre los coeficientes de la fórmula hay que remitirse a las instrucciones del fabricante. Si se

requiere, se puede realizar una calibración “corriente” y usarla en lugar del programa de transferencia. Esta operación requiere que las cazuelas de muestras usadas para la calibración sean probadas en otro medidor, si la prueba debe ser verificada.

Nota A.5: Algunas agencias viales hacen calibraciones cruzadas de los medidores. Este proceso crea una relación entre el equipo de campo y el medidor usado en la calibración de la fórmula de trabajo para la mezcla (FTM), permitiendo el ensayo de la mezcla asfáltica producida sin necesidad de ejecutar calibraciones en el terreno. Cuando varios medidores se han sometido a calibración cruzada, las calibraciones de la mezcla asfáltica se pueden transferir de un medidor a otro.

A.10.2 Se preparan seis muestras de calibración, usando un agregado disponible localmente previamente aprobado, con contenidos de ligante asfáltico entre 3 y 8 %, con incrementos de 1 %. Las muestras se mezclan para que cada recipiente de mezcla asfáltica sea igual a la masa objetivo ± 5 g, como se ha determinado para el agregado. Se ensaya cada muestra en el medidor maestro, usando conteos de 16 minutos en el modo normal de calibración. Después de que se han ensayado todas las muestras, el medidor calculará automáticamente un coeficiente de ajuste. El coeficiente de ajuste debe ser de, por lo menos, 0.999. Se sella cada cazuela para prevenir cambios en el contenido de hidrógeno y se repite el procedimiento. Las cazuelas selladas deben satisfacer el mismo criterio planteado anteriormente.

Nota A.6: Para sellar la cazuela, se debe cortar un pedazo de lata del tamaño del borde de ésta. Se sellan los bordes de la cazuela y la tapa de lata con epóxico. Este proceso evitará la entrada de humedad.

A.10.3 Se ensaya en el medidor de campo cada una de las seis muestras de calibración selladas, mientras éste se encuentre en el modo de calibración cruzada. Para cada muestra de calibración, se introducen en el medidor de campo los datos obtenidos en el medidor maestro. El medidor maestro y el de campo están ahora calibrados de manera cruzada.

Nota A.7: Anualmente, o cuando el medidor de campo difiera del maestro, se debe ejecutar una nueva calibración cruzada, usando las cazuelas selladas producidas originalmente para la normalización del medidor. Estas seis cazuelas deben ser examinadas mensualmente en el medidor maestro, para verificar que los conteos no han cambiado sustancialmente.