

# DENSIDAD EN EL SITIO DE PAVIMENTOS DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE UTILIZANDO EQUIPOS ELECTRÓNICOS DE CONTACTO SUPERFICIAL

INV E – 787 – 13

## 1 OBJETO

- 1.1** Esta norma se refiere a la determinación in-situ de la densidad total y la compactación relativa de pavimentos de mezcla asfáltica densa en caliente (MDC) midiendo los cambios que se producen en el campo electromagnético, como resultado del proceso de compactación.
- 1.2** El equipo referenciado en este método es un aparato de contacto superficial, el cual no es relativamente afectado por la humedad superficial ni por las variaciones en la temperatura de la superficie que se suelen encontrar durante las operaciones de pavimentación con mezclas densas en caliente. Si se necesitan, se deberán incluir circuitos para medir y/o compensar las variaciones de humedad y temperatura durante el proceso de compactación del material.
- 1.3** Esta norma reemplaza la norma INV E-787-07.

## 2 IMPORTANCIA Y USO

- 2.1** El método de ensayo descrito es útil como una técnica rápida no destructiva para determinar la densidad in-situ y la compactación relativa de mezclas asfálticas densas en caliente compactadas.
- 2.2** Los resultados de densidad obtenidos por este método se pueden aplicar usando tres métodos: Método A: relativo, Método B: calibración de la enrasadora del pavimento, y Método C: calibración del núcleo. El método C es el más exacto y requiere una correlación con una muestra de densidad conocida del material que se está midiendo.

### 3 INTERFERENCIAS

---

- 3.1** La composición de la mezcla en caliente que está siendo sometida al ensayo puede afectar significativamente las medidas. El dispositivo se debe calibrar al diseño de la mezcla específica que se está usando en el terreno.
- 3.2** Este método de ensayo exhibe sesgo espacial. Sobretamaños del agregado en el área de la trayectoria del sensor pueden causar variaciones en las lecturas de densidad. Se recomienda el promedio de, por lo menos, cuatro medidas en cada sitio de ensayo.
- 3.3** La textura superficial del material que está siendo ensayado puede causar lecturas más bajas de densidad que las reales.
- 3.4** Campos de fuerza electromagnética, como aquellos causados por cables eléctricos de alta tensión o por objetos grandes de metal cerca del dispositivo, pueden interferir con su lectura.

### 4 EQUIPO

---

- 4.1** El dispositivo deberá satisfacer los requerimientos señalados a continuación:
  - 4.1.1** Deberá estar alojado dentro de una caja construida para trabajo pesado y estar diseñado para tomar medidas de densidad in-situ de pavimentos asfálticos de mezcla en caliente.
  - 4.1.2** Deberá funcionar a los niveles de temperatura y humedad experimentados durante la colocación de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente.
  - 4.1.3** Deberá incluir los circuitos internos apropiados para desplegar medidas individuales que permitan a los operadores registrar los resultados.
  - 4.1.4** Deberá incluir un modo de operación de medida continua.
  - 4.1.5** Deberá emplear circuitos electrónicos adecuados para suministrar energía y acondicionar la señal al sensor, para proporcionar la función de adquisición y lectura de datos y permitir la calibración de la unidad sobre el rango esperado de condiciones de colocación y de materiales.

La Figura 787 - 1 muestra un ejemplo de equipo que aplica los principios de medición indicados en esta norma.



Figura 787 - 1. Ejemplo de equipo electrónico de contacto superficial para medir la densidad de un pavimento asfáltico en el sitio

## 5 PREPARACIÓN DEL SITIO DE ENSAYO

- 5.1 Puesto que las condiciones de la superficie pueden tener un efecto significativo sobre las medidas de densidad, se requiere una superficie lisa sin exceso de agua (el agua del rodillo de compactación es aceptable) para una prueba correcta. La condición óptima para las pruebas rutinarias sería una superficie seca y lisa, donde exista contacto total entre la superficie inferior del dispositivo y la superficie que se está ensayando.
- 5.2 Se selecciona un área de ensayo plana y relativamente lisa en la capa de la mezcla en caliente. Se cepilla la superficie hasta que esté libre de arena o piedras, las cuales impedirían el contacto correcto entre la superficie y el dispositivo medidor.

## 6 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

- 6.1 El dispositivo se debe calibrar para cada mezcla, antes de hacer ensayos sobre materiales que sean diferentes a los tipos de materiales usados al establecer la calibración más reciente. Siempre se deberá calibrar un dispositivo recientemente adquirido o reparado. Si se dispone de ella, se deberá usar una

placa normal o una base de referencia para asegurar que el dispositivo se encuentre dentro de las especificaciones del fabricante.

- 6.2 El dispositivo deberá ser calibrado sobre la capa de mezcla en caliente en rangos de temperatura de compactación que permitan la toma de lecturas subsecuentes a medida que progresá la pavimentación en este rango de temperatura. Para calibración usando muestras de núcleos, se debe seguir el procedimiento dado en el numeral 6.4.3 y consultar los procedimientos recomendados por el fabricante.
- 6.3 El dispositivo se debe manejar siguiendo las recomendaciones de su fabricante. Se deben promediar varias medidas individuales para calcular una lectura. El lugar y el número de medidas usadas para calcular una lectura dependerán de las especificaciones presentadas por el fabricante.
- 6.4 El dispositivo se debe calibrar siguiendo el procedimiento para los métodos A, B o C. Todos los datos usados para la calibración se deben registrar para cada fórmula de trabajo de la mezcla.

**6.4.1** *Método A* – Es el Método relativo. Se puede usar para seguir el proceso de compactación durante el establecimiento de los patrones de compactación.

- 6.4.1.1** Se coloca el dispositivo sobre la capa asfáltica en el lugar del ensayo y se traza una línea alrededor de la unidad sensora del equipo y se registran las medidas de compactación y las lecturas promedio del material no compactado que vasalliendo de la plancha enrascadora de la máquina pavimentadora.
- 6.4.1.2** Después de cada pasada del rodillo de compactación, se coloca el dispositivo dentro de la marca trazada y se registran las medidas de compactación y la lectura promedio.
- 6.4.1.3** Cuando las lecturas dejan de aumentar con pasadas adicionales, se registran este valor y el número de pasadas.
- 6.4.1.4** Se repiten los pasos indicados en los numerales 6.4.1.2 y 6.4.1.3, después de las pasadas de cada tipo de compactador en donde la compactación va a ser controlada.

**6.4.2** *Método B* – Este es el método de calibración de la enrasadora de la pavimentadora. Este método utiliza el porcentaje de compactación obtenido por la enrasadora, para calcular una densidad inicial. Este método requiere que el operador estime el porcentaje de compactación obtenido por la enrasadora; rutinariamente, este número es de 75 a 85 % de la densidad máxima teórica o densidad sin vacíos. La experiencia del operador contribuirá a la exactitud de la estimación de la compactación y al éxito de este método.

**6.4.2.1** Se estima el porcentaje de compactación obtenido por la enrasadora.

**6.4.2.2** Se multiplica la densidad máxima del material (sin vacíos) por el porcentaje de compactación obtenido por la enrasadora, en forma decimal. Ejemplo: la densidad sin vacíos es 2468 kg/m<sup>3</sup> (154 lb/pie<sup>3</sup>); la compactación de la enrasadora es de 81 %. El dispositivo deberá leer 1999 kg/m<sup>3</sup> (124.7 lb/pie<sup>3</sup>) detrás de la enrasadora ( $2468 \times 0.81 = 1999 \text{ kg/m}^3$ ).

**6.4.2.3** Se mide la densidad de la mezcla que sale de la enrasadora y se compensa el dispositivo para obtener la lectura calculada en el numeral 6.4.2.2. Se deben seguir las especificaciones recomendadas específicas del fabricante para registrar la compensación.

**6.4.3** *Método C* – Este es el método de calibración del núcleo. Este método usa densidades reales de núcleos para calibrar el dispositivo. Se considera el método más exacto y detallado y debe ser examinado para obtener una comprensión amplia del proceso de calibración.

**6.4.3.1** Se identifican al azar de 1 a 5 lugares de prueba en la capa de mezcla asfáltica en caliente. Para establecer una franja de control, se deben usar 5 ubicaciones de núcleos. Para control de pavimentación o de calidad, se deberán seguir el criterio del operador y las recomendaciones del fabricante.

**6.4.3.2** Se coloca el dispositivo sobre la capa asfáltica en el lugar del ensayo y se traza una marca alrededor de la unidad sensora del equipo. Se registran las medidas y la lectura promedio.

**6.4.3.3** Se corta un núcleo de 150 mm (6") de diámetro dentro del área marcada que rodea el dispositivo donde fue tomada la lectura.

**6.4.3.4** Se repiten los pasos de los numerales 6.4.3.2 y 6.4.3.3 en los lugares adicionales de ensayo, si es necesario.

**6.4.3.5** Se determina en el laboratorio la densidad de cada núcleo de diámetro de 150 mm (6") de acuerdo con la norma INV E-733 o cualquier otro método aplicable y se anotan los resultados.

**6.4.3.6** Se registra la diferencia numérica entre la lectura promedio obtenida con el dispositivo y la correspondiente densidad del núcleo para cada lugar de ensayo.

**6.4.3.7** Se promedian las diferencias numéricas obtenidas en el numeral 6.4.3.6 y se registra la diferencia numérica promedio.

**6.4.3.7.1** *Ejemplo:*

DENSIDAD DE LOS NÚCLEOS kg/m <sup>3</sup>	DENSIDAD CON EL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO kg/m <sup>3</sup>	DIFERENCIA kg/m <sup>3</sup>
2320	2260	60
2275	2190	85
2290	2238	52
2180	2145	35
2346	2295	51
2330	2280	50
2300	2266	34
<b>Diferencia promedio</b>		+ 52

**6.4.3.8** Se ajusta el dispositivo siguiendo el procedimiento recomendado por el fabricante para tener en cuenta la diferencia numérica promedio. Esto calibrará el instrumento a la capa asfáltica añadiendo (o sustrayendo) la diferencia numérica promedio.

## 7 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN

**7.1** Se asegura que el dispositivo esté calibrado de acuerdo con la Sección 6 de esta norma, referente a las condiciones del lugar y de la mezcla asfáltica en caliente que se está usando.

- 7.2 Se localiza el área de medida lejos de cualquier fuente conocida de interferencia electromagnética, como líneas eléctricas elevadas de alta tensión u objetos metálicos de gran tamaño. Para obtener mejores resultados, se deben evitar superficies que presenten grandes extremos de temperatura.
- 7.3 Se coloca el dispositivo firmemente sobre la superficie de ensayo (preparada de acuerdo con la Sección 5 de esta norma) y se traza una marca alrededor de la unidad sensora del dispositivo.
- 7.4 Se realizan y registran varias medidas de densidad dadas por el dispositivo. Para el control de calidad o inspección del pavimento, el número de medidas tomadas en un lugar es menos crítico. Se requieren más medidas para aplicaciones de aseguramiento de la calidad o donde se obtienen núcleos adicionales. El número requerido de medidas dependerá de las recomendaciones del fabricante, con base en las posibilidades del dispositivo. El número de medidas debe estar respaldado por informes precisos obtenidos en lugares similares.
- 7.5 Se promedian las medidas del lugar individual para obtener una lectura de densidad promedio, la cual se corrige según la diferencia numérica promedio (numeral 6.4.3.7).
- 7.6 Se registran los datos de acuerdo con la Sección 8 de esta norma.

## 8 INFORME

---

- 8.1 Identificación de los sitios de trabajo, datos de localización de los sitios de prueba de acuerdo con los protocolos normales del contratista.
- 8.2 Datos de calibración del dispositivo como se especifica en la Sección 6.
- 8.3 Medidas individuales de densidad en cada lugar de prueba, junto con la lectura de densidad promedio calculada para el lugar.
- 8.4 Temperatura de la capa de la mezcla asfáltica en caliente al momento de tomar las temperaturas, si esto se ha hecho.
- 8.5 Cualquier observación cualitativa sobre el ensayo o sobre las condiciones del material, que puedan afectar la exactitud o la interpretación de los resultados del ensayo.

- 8.6 Datos correspondientes a la densidad de los núcleos (si han sido tomados) para cada lugar de ensayo.
- 8.7 Firma del operador y fecha de la prueba.

## 9 NORMAS DE REFERENCIA

---

AASHTO TP 68 – 04 (2006)