

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

PARTE:

4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS

TÍTULO:

07. Superficie de Rodadura

CAPÍTULO

015. *Determinación de Deterioros Superficiales del Pavimento con Equipo Láser*

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento para determinar mediante el empleo de un equipo laser los deterioros superficiales del pavimento a los que se refiere la Norma N·CSV·CAR·1·03·008, *Determinación de los Deterioros Superficiales de los Pavimentos (DET)*.

B. OBJETIVO DE LA PRUEBA

Esta prueba permite obtener los perfiles de la superficie del pavimento para a partir de ellas cuantificar, analizar y calificar los deterioros superficiales presentes en la superficie de un pavimento. La prueba consiste en desplazar el equipo láser a lo largo de una franja de pavimento por estudiar, circulando a una velocidad de hasta 100 km/h.

C. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con la Norma N·CSV·CAR·1·03·008, *Determinación de los Deterioros Superficiales de los Pavimentos (DET)* y el *Protocolo NMEA-01083, National Marine Electronics Association*.

D. EQUIPO

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes.

D.1. EQUIPO LÁSER

Dispositivo para determinar la elevación de la superficie del pavimento, mide el tiempo que tarda la luz láser en viajar hasta la superficie a evaluar y regresar al sensor, permite obtener lecturas de alta precisión simultáneamente a altas velocidades, ver Figura 1.

Consiste en uno o más láseres de 64 kHz, de un sistema electrónico de condicionamiento de señal y de un computador. El sistema puede adquirir lecturas a velocidades de hasta 100 km/h.

Arroja como resultado un perfil de la superficie del pavimento que por medio de un software se identifican los distintos tipos de deterioros existentes en el pavimento, clasificándolos por nivel de severidad y calculando su área.

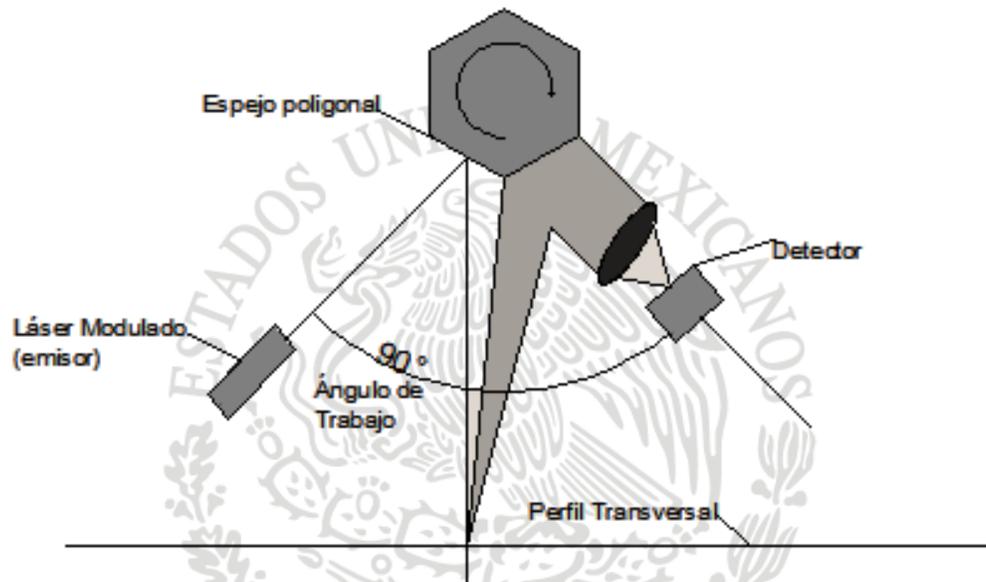


FIGURA 1.- Esquema del equipo Láser

D.2. VEHÍCULO

El equipo de evaluación estará acoplado a un vehículo de tamaño adecuado de manera tal que, sin sufrir modificaciones estructurales mayores, permita acoplar el equipo, como se muestra en la Figura 2.

El motor, mecanismos de dirección y componentes de suspensión serán los adecuados para lograr mantener la velocidad y dirección del vehículo sin cambios bruscos durante el recorrido. Se recomienda contar con sistema automático de velocidad de cruce para mantenerla constante durante la ejecución de la prueba.



FIGURA 2.- Equipo laser acoplado en vehículo

D.3. SENSOR DE DISTANCIA

Permite cuantificar la distancia recorrida por el vehículo de evaluación. Se puede usar cualquier sensor de distancia que produzca una señal digital o analógica con una precisión menor de 0.1 % equivalente a una diferencia de $\pm 1\text{m/km}$.

D.4. INSTRUMENTO DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

Tendrá una precisión mínima de $\pm 3\text{ m}$ en modalidad de navegación, y de $\pm 1\text{ cm}$ en modo estático. Cumplirá con el Protocolo NMEA – 0183 de la *National Marine Electronics Association*.

El equipo tendrá la capacidad para generar los datos durante los recorridos en coordenadas geográficas o UTM, *Universal Transverse Mercator*, así como la distancia longitudinal recorrida

D.5. MARCADORES DE UBICACIÓN

Se utilizan para identificar el inicio, eventos relevantes y el fin de tramo, serán identificados con marcas de localización que puedan ser detectadas con medios automáticos o de manera visual para el operador del equipo, tales como detección magnética, detección de cinta reflejante con fotoceldas, marcas de pintura, referencias físicas o medios similares.

D.6. VELOCÍMETRO

Dispositivo que muestra la velocidad del vehículo durante el movimiento del mismo. El velocímetro ayudará al conductor a mantener la velocidad durante el proceso de medición. Algunos sistemas, especialmente los sistemas espaciales, son independientes de la velocidad, en cuyo caso el velocímetro del vehículo es suficiente.

D.7. PANTALLA

Permitirá el monitoreo visual de los resultados del sistema. La pantalla mostrara los datos en función del tiempo o de la distancia recorrida.

D.8. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y PROCESO DE INFORMACIÓN

Se contará con un dispositivo para el registro y el almacenamiento a largo plazo de los datos del perfil calculado, o de ambos. El dispositivo tendrá la capacidad para un procesamiento adicional a bordo o para un procesamiento posterior. Se recomienda que tenga como mínimo las siguientes capacidades: procesador Intel® Core i3 a 1.3 GHz, Memoria RAM de 4 GB y disco duro de 500 GB a 7200 rpm.

D.9. MARCADOR DE EVENTO

El operador contará con los materiales necesarios para marcar la localización de eventos como parte de la recolección de datos. El sistema puede utilizar un sensor (opcional) para detectar y registrar automáticamente los marcadores de ubicación que se han colocado en la superficie recorrida.

E. CALIBRACIÓN

El sistema y componentes del equipo, serán verificados periódicamente de acuerdo con las indicaciones del fabricante o al reemplazar, reparar o realizar alguna modificación importante que pueda afectar la calibración del dispositivo. El equipo será calibrado al menos dos veces al año o cuando lo solicite la Secretaría y los registros que se generen serán conservados como evidencia de las calibraciones, entregando una copia a la Secretaría.

E.1 CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES

Se recomienda que el proceso de calibración se automatice para reducir el riesgo de error humano.

E.2. VERIFICACIÓN DE LA CALIBRACIÓN

Realizar la verificación del equipo calibrado al inicio de un día de operación y en cualquier otro momento que el operador sospeche que existen cambios en el desempeño del sistema desde la última calibración.

F. PREPARACIÓN DEL EQUIPO**F.1. REVISIÓN DEL EQUIPO**

Se realizará una revisión general del equipo y sus componentes antes de iniciar la recolección de información para descartar la posibilidad de errores.

F.2. SISTEMA ELECTRÓNICO

Encender el equipo electrónico y esperar el tiempo especificado por el fabricante antes de iniciar la prueba de medición, con la finalidad de permitir que los componentes electrónicos se estabilicen y adquieran la temperatura óptima de trabajo.

F.3. PARÁMETROS DEL SISTEMA

Seleccionar y configurar los parámetros del sistema necesarios para la realización de la prueba.

G. PROCEDIMIENTO DE LA MEDICIÓN

Se ingresarán, la información y los datos del tramo de prueba junto con las condiciones en las cuales se desarrolla la evaluación.

- G.1.** Al menos 150 m antes del inicio del tramo de prueba cambiará el sistema al modo de prueba, así mismo, conseguirá la velocidad de medición dependiendo de los requerimientos de la prueba y los requerimientos del equipo.
- G.2.** Al inicio del tramo de prueba, el operador identificará manualmente como parte de los datos registrados, e iniciará el registro de imágenes. Esto puede hacerse automáticamente con un marcador de evento.
- G.3.** Identificar, como parte de los datos registrados, otras características físicas o puntos de referencia conocidos en el tramo de prueba los cuales ayudarán a relacionar la información obtenida con el carril recorrido.
- G.4.** Identificar el final del tramo de prueba.
- G.5.** Es recomendable verificar la información registrada para corroborar la existencia de la misma y asegurar que se ha guardado de manera correcta. Cualquier problema o error encontrado en la información indica un problema con el equipo o con el dispositivo de almacenamiento.

SCT
SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

H. CÁLCULOS Y RESULTADOS

H.1. CUANTIFICACIÓN DE DETERIOROS

- H.1.1. El equipo láser adquiere la información de las elevaciones superficiales del pavimento, dichas elevaciones son digitalizadas y mediante el empleo de un algoritmo se genera una imagen tridimensional que se usará como base para la identificación de los deterioros.
- H.1.2. Los deterioros se pueden clasificar y cuantificar por separado con ayuda de algoritmos de reconocimiento de patrones de cada una de las imágenes tridimensionales generadas como se muestra en la Figura 3.

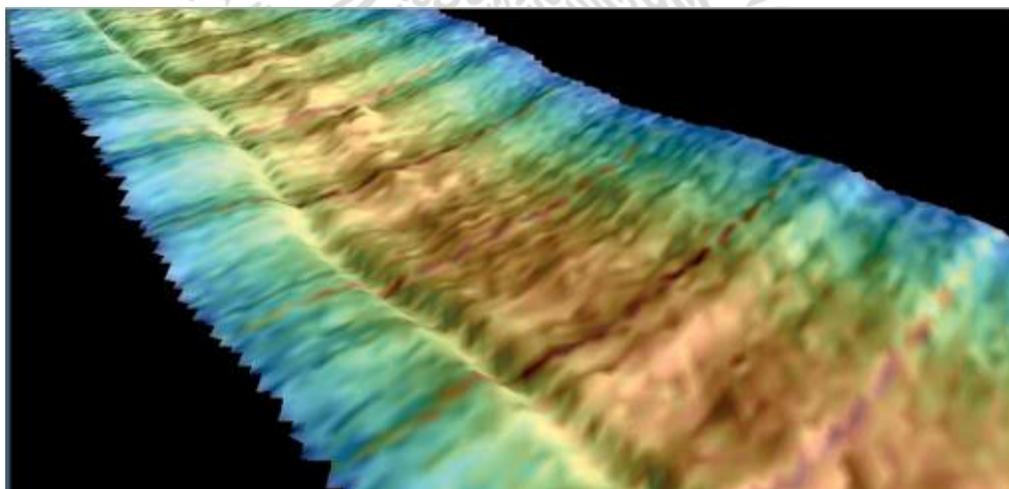


FIGURA 3.- Imagen tridimensional (Fuente: www.ingenieros.es)

H.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

H.2.1. Informe de los trabajos

Se entregará un informe conciso, integrado por los conceptos que se indican a continuación:

H.2.1.1. Identificación del tramo

- Nombre y clave de la carretera a la que pertenece el tramo, los cuales serán congruentes con la nomenclatura emitida por la Secretaría a través de la Dirección General de Servicios Técnicos.
- Origen y destino, referenciados mediante la información que se estipula en la Fracción E.1. de la Norma N-CSV-CAR-1-03-008, *Determinación de los Deterioros Superficiales de los Pavimentos (DET)*.

H.2.1.2. Características generales del tramo

- Longitud total
- Tipo de pavimento existente, indicando las variaciones detectadas durante la medición
- Número de carriles por sentido de circulación, señalando los cambios de configuración de la calzada observados

H.2.1.3. Descripción general de los trabajos efectuados

- Características del equipo de medición utilizado, incluyendo la información sobre su calibración
- Detalles del procedimiento de medición utilizado

- Relación de cualquier situación adversa que se hubiere presentado durante la ejecución de los trabajos, puntualizando el impacto de tales situaciones sobre los resultados del estudio
- Nombre del operador
- Número de serie del equipo

H.2.1.4. Resumen de resultados: estudios de evaluación

En los trabajos de evaluación según se indica en la Fracción B.7. de la Norma N-CSV-CAR-1-03-008, *Determinación de los Deterioros Superficiales de los Pavimentos (DET)*, el resumen de resultados se integrará con los productos que se indican a continuación, los cuales se elaborarán para cada segmento de medición según se define en la Fracción B.9. de la Norma N-CSV-CAR-1-03-008, *Determinación de los Deterioros Superficiales de los Pavimentos (DET)*.

- Larguillo de los deterioros con la información agregada por kilómetro, utilizando como abscisas los puntos medios de cada segmento de un (1) kilómetro y en la ordenada, el Porcentaje de Área Agrietada. En este gráfico, se indicarán los rangos que delimitan la condición física a la que se hace referencia en la Fracción B.10. de la Norma N-CSV-CAR-1-03-008, *Determinación de los Deterioros Superficiales de los Pavimentos (DET)*, como se muestra en la Figura 4.

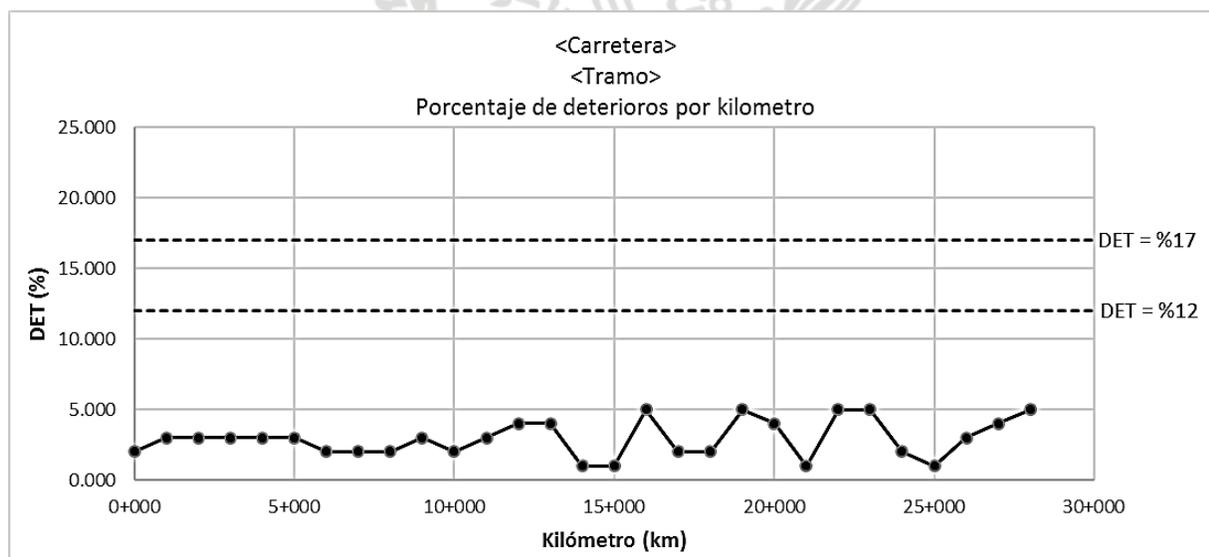


FIGURA 4.- Larguillo de deterioros por kilómetro

- Representación geográfica de los valores de deterioros representativos por segmento de acuerdo a la clasificación de la Tabla 8 de la Norma N-CSV-CAR-1-03-008, *Determinación de los Deterioros Superficiales de los Pavimentos (DET)*. La capa base del tramo sobre la que se representarán los valores obtenidos, se construirá con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, o bien con los datos que provea la contratista siempre y cuando la información se encuentre actualizada.
- Comparación de los valores de deterioros por kilómetro con los del año inmediato anterior, la cual irá acompañada de una valoración general que explique, a satisfacción de la Secretaría, las causas de los posibles cambios observados.

H.2.1.5. Resumen de resultados de validación

En los trabajos de validación, el resumen de resultados comprenderá los conceptos que se indican a continuación:

- Descripción general del tramo evaluado
- Información teórica relativa a la medición de los deterioros
- Descripción genérica de los equipos para la medición de los deterioros
- Tabla comparativa de resultados
- Coeficiente de correlación de los valores obtenidos con cada equipo.
- Conclusiones del proceso de validación

H.2.2. Anexos

En los trabajos de validación, el resumen de resultados comprenderá los conceptos que se indican a continuación:

H.2.2.1. Anexo “A”: Bitácora del servicio

Reproducción en formato electrónico de la bitácora del servicio a la que se refiere la Fracción D.5. de la Norma N-CSV-CAR-1-03-008, *Determinación de los Deterioros Superficiales de los Pavimentos (DET)*.

H.2.2.2. Anexo “B”: Base de datos

Base de datos en hoja de cálculo con los valores obtenidos en campo para cada tramo carretero o segmento, que contenga la siguiente información:

- Nombre de la carretera a la que pertenece el tramo evaluado, según la nomenclatura emitida por la Secretaría a través de la Dirección General de Servicios Técnicos
- Sentido de circulación, de acuerdo con la nomenclatura especificada en la Fracción D.4. de la Norma N-CSV-CAR-1-03-008, *Determinación de los Deterioros Superficiales de los Pavimentos (DET)*
- Carril evaluado, de acuerdo con la misma nomenclatura
- kilómetros inicial y final del segmento o tramo
- Cantidad de deterioros por nivel de severidad
- Coordenadas geográficas de inicio y fin del segmento o tramo

H.2.2.3. Anexo “C”: Reporte de datos procesados

Los informes relativos a los trabajos de evaluación, incorporarán un anexo con los valores procesados de las mediciones, almacenados en hojas de cálculo. Se presentará la información por cada kilómetro y segmento evaluado, se incluirán los elementos que se describen a continuación:

- Nombre de la carretera a la que pertenece el tramo o segmento evaluado, según la nomenclatura emitida por la Secretaría a través de la Dirección General de Servicios Técnicos
- Sentido de circulación, de acuerdo con la nomenclatura especificada en la Fracción D.4. de la Norma N-CSV-CAR-1-03-008, *Determinación de los Deterioros Superficiales de los Pavimentos (DET)*
- Carril evaluado, de acuerdo con la misma nomenclatura
- Kilómetros inicial y final del segmento de medición
- Tabla resumen de los deterioros por nivel de severidad

H.2.2.4. Anexo “D”: Resumen fotográfico

Conjunto de fotografías con resolución de al menos 46,5 pixeles por cm² (300 ppp²) y formato “JPG”.

El conjunto de imágenes constituirá una secuencia fotográfica que muestre, entre otros aspectos, el vehículo de medición, su equipamiento externo e interno, las características más relevantes del tramo a lo largo del recorrido y ejemplos representativos de los deterioros encontrados.

I. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

I.1. REGISTRO DE DATOS

Revisar las imágenes obtenidas al finalizar cada medición, en caso de encontrar alguna inconsistencia repetir la medición o aclarar el error.

I.2. NOMENCLATURA DEFINIDA

Se recomienda usar una nomenclatura predeterminada para asignar nombre a los datos recolectados, así como anotaciones generales que ayuden a identificar la procedencia de la información y las condiciones en las cuales se realizó dicha recolección de datos.

J. BIBLIOGRAFÍA

Pavement Distress Identification Manual. PS Road Inventory Program Cycle 4, (2006-2009). Federal Highway Administration.

Distress Identification Manual. Long-Term Pavement Performance Program. Publication No. FHWA-RD-03-031, junio 2003.

Fraunhofer Institute for Physical. (2012). Pavement Profile Scanner PPS. Germany.

Phoenix Scientific Inc. (1999). Unparalleled Technology. San Marcos, California.

Phoenix Scientific Inc. (Feb 2004). Pavement Profile Scanner (PPS) White Paper. San Marcos, California.

Phoenix Scientific, INC. (2004). PPS-2005 Pavement Profile Scanner. La Costa Meadows Drive, San Marcos CA.

Porras, H.; Castañeda, E. A. Detección automática de grietas de pavimento asfáltico aplicando características geométricas y descriptores de forma. Revista INGE CUC, octubre de 2012.

SCT
SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

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