

LIBRO: CSV. CONSERVACIÓN
TEMA: CAR. CARRETERAS
PARTE: 1. EVALUACIÓN
TÍTULO: 03. Evaluación de Pavimentos
CAPÍTULO: 009. Determinación de la Profundidad de Roderas (PR)

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene los conceptos, procedimientos y criterios para la evaluación de la Profundidad de Roderas (PR) en carreteras en operación construidas con pavimentos asfálticos, así como para la calificación de éstas en función de los valores de Profundidad de Roderas (PR) obtenidos.

B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

B.1. PERFIL TRANSVERSAL

Es el conjunto de elevaciones y depresiones de la superficie de un pavimento en un plano perpendicular al sentido de circulación de los vehículos, con respecto a un plano horizontal de referencia tomado a lo ancho del carril de circulación.

B.2. RODERAS

Son los surcos o huellas que se presentan en la superficie de una carretera pavimentada y que son el resultado de la densificación o movimiento lateral de los materiales que la constituyen por efectos del tránsito.

En el sentido estricto, es la deformación vertical permanente del pavimento que se refleja en el perfil transversal y que se presenta como un surco longitudinal a lo largo del camino bajo las huellas de rodamiento.

Geoméricamente se define como la máxima depresión por huella en el sentido perpendicular al eje del camino tal como se aprecia en la Figura 1. La presencia de roderas en el pavimento afecta no sólo la condición estructural del pavimento (disminuye su vida útil), sino que también, en niveles extremos, afecta su condición funcional dificultando las condiciones de manejo y la seguridad de los usuarios, debido a que las roderas al ser una depresión en el pavimento, favorece la acumulación de agua en la superficie del camino pudiendo causar el fenómeno de hidroplaneo (deslizamiento sobre el agua) en condiciones de circulación bajo lluvia, lo que compromete la seguridad de los usuarios.

Las roderas son causadas por tres mecanismos principales:

- Deformación vertical permanente o plástica en una dimensión en las capas de concreto asfáltico (típicamente referidas como densificación localizada)
- Flujo lateral en las mezclas de concreto asfáltico (algunas veces referida como deformación acelerada, terciaria o flujo por cortante)
- Deformación mecánica de las capas inferiores a la superficial.

Cada uno de estos mecanismos puede desarrollar este deterioro en un pavimento, pudiendo presentarse más de uno al mismo tiempo.

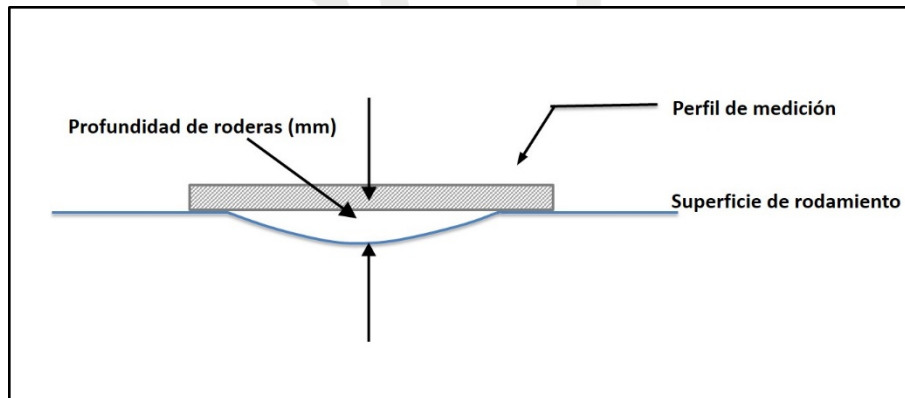


FIGURA 1.- Esquema de una rodera

B.3. PROFUNDIDAD DE RODERAS

Es la distancia máxima respecto a la superficie plana del pavimento de la profundidad máxima perpendicular del surco generado por las deformaciones del pavimento en una ubicación específica.

B.4. EQUIPOS DE MEDICIÓN

Existen diversos equipos para la evaluación de la Profundidad de Roderas, los cuales se clasifican en función del tipo y precisión de las mediciones efectuadas. Para los efectos de la presente Norma, los equipos se clasificarán de acuerdo con las categorías que se describen a continuación.

B.4.1. Equipos de bajo rendimiento

Son dispositivos que se caracterizan por llevar a cabo las mediciones por métodos puntuales, es decir haciendo la medición sobre la sección específica que se quiera evaluar. En el caso de la medición de la Profundidad de Roderas, los equipos de bajo rendimiento se consideran siempre como dispositivos de referencia.

B.4.1.1. Dispositivos de referencia

Son equipos que se operan manualmente y que tienen como propósito principal la validación de otros métodos para la medición de la Profundidad de Roderas mediante la determinación de niveles de referencia en un número limitado de sitios de prueba. De este modo, permiten la calibración de los equipos de alto rendimiento como los mencionados en el Párrafo 0. o la verificación de la precisión de equipos que determinan la Profundidad de Roderas a partir de la medición del perfil transversal y de sus depresiones máximas en cada huella.

Para fines de esta Norma solo se considerará como equipo de bajo rendimiento aquél que utiliza la regla y la regla graduada.

La operación de este dispositivo de referencia se basa en la obtención de la profundidad máxima en ambas huellas del pavimento con respecto a una superficie de referencia con un alto nivel de precisión, ya que es una medición directa que se logra tomando la profundidad de las depresiones encontradas en la superficie en el sentido transversal al eje del camino, mediante una escala graduada referenciada a una regla o superficie de referencia debidamente apoyada.

Estas mediciones se utilizan para calcular la Profundidad de Roderas de acuerdo con el procedimiento establecido en el Manual M-MMP-4-07-019, *Determinación de la Profundidad de Roderas con Equipo de Bajo Rendimiento*.

Las mediciones efectuadas mediante regla graduada, contarán con un intervalo de muestreo máximo de diez (10) metros a lo largo del tramo de prueba.

B.4.2. Equipos de alto rendimiento

Los equipos de alto rendimiento han sido diseñados para realizar mediciones a velocidades comparables con la velocidad de operación de las carreteras. Su principal objetivo consiste en determinar la Profundidad de Roderas de los pavimentos a nivel de red, con la ventaja adicional de que minimizan las afectaciones al tránsito. Para fines de esta Norma se consideran dos tipos de equipos de alto rendimiento: el Equipo Óptico Láser y el Perfilómetro de Alto Rendimiento.

B.4.2.1. Equipo Óptico Láser

Estos equipos funcionan con un sistema de escaneo láser dual que van montado en los costados de un vehículo para determinar una serie de perfiles transversales de la superficie de rodadura de un pavimento.

Utilizan dos dispositivos sincronizados para medir el perfil transversal en la parte posterior del vehículo, en una franja de aproximadamente cuatro (4) metros de

ancho, pudiendo configurarse la distancia a la cual se obtendrá cada perfil transversal, o usar la máxima capacidad de obtención de datos que dependerá de la velocidad de recorrido y de la frecuencia de muestreo.

Estos equipos incluyen sensores de aceleración, desplazamiento y distancia recorrida, que sirven para referenciar linealmente cada medición u obtener también la pendiente transversal del tramo medido.

Los perfiles transversales medidos sirven como insumo para calcular la Profundidad de Roderas en cada huella mediante un algoritmo de cálculo para cada perfil transversal evaluado que se especifica en el Manual de referencia M·MMP-4-07-018, *Determinación del Perfil Transversal con Equipo Óptico Láser*.

B.4.2.2. Perfilómetro de Alto Rendimiento

El Perfilómetro de Alto Rendimiento cuenta con emisores láser tipo barrido o escáner por medición de fase para determinar el perfil transversal de un pavimento.

El dispositivo emite un láser sobre un espejo poligonal giratorio de seis (6) caras haciendo que cada rayo emitido alcance la superficie del pavimento para así medir el perfil transversal, dada la velocidad de giro del espejo se pueden emitir aproximadamente mil puntos sobre la superficie y tener una alta densidad de elevaciones medidas.

Los equipos cuentan con sensores que miden la distancia que corresponde a cada punto del perfil transversal medido, mediante instrumentos digitales o DMI.

Los perfiles transversales medidos con el escáner se introducen a un algoritmo de cálculo que viene integrado al equipo para la obtención de Profundidad de Roderas, como se especifica en el Manual de referencia M·MMP-4-07-017, *Determinación del Perfil Transversal y Cálculo de la Profundidad de Roderas con Perfilómetro de Alto Rendimiento*.

B.5. ESTUDIO DE MEDICIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE RODERAS

Se refiere al conjunto de trabajos de campo y gabinete necesarios para determinar la Profundidad de Roderas que corresponde a un tramo o conjunto de tramos. Según su propósito, los estudios de medición de la Profundidad de Roderas serán de cualquiera de los siguientes tipos:

- B.5.1.** Estudios de evaluación. Estudios que se llevan a cabo con el propósito de determinar los niveles de Profundidad de Roderas existentes en un conjunto de tramos en operación. En esta clase de estudios, se utilizarán equipos de alto rendimiento.
- B.5.2.** Estudios de validación. Se refiere a los estudios efectuados con el fin de validar la operación de equipos propuestos para la realización de estudios de evaluación. En este caso, sólo se admitirá el uso del equipo de referencia.

En lo sucesivo, se utilizarán indistintamente los términos “el estudio de evaluación de la Profundidad de Roderas” o la forma abreviada “el estudio”.

B.6. INTERVALO Y SEGMENTO DE MEDICIÓN

Los valores de Profundidad de Roderas se calculan a intervalos constantes de longitud, y se denominará “intervalo de medición” a la magnitud de este intervalo, la cual será independiente del intervalo de adquisición de los datos de origen o del tipo de proceso empleado en la obtención de la Profundidad de Roderas (algoritmos, postproceso, entre otros).

Por otro lado, se designará genéricamente como “segmento de medición” a cada uno de los segmentos que resulten de dividir los tramos objeto de la evaluación entre la longitud del intervalo de medición.

Los valores del intervalo de medición se definirán en las especificaciones del estudio, sin embargo, como mínimo, se calcularán resultados de la profundidad de roderas para los siguientes intervalos, dependiendo del tipo de estudio:

- Estudio de evaluación: veinte (20), cien (100) y mil (1 000) metros.
- Estudio de validación: mínimo veinte (20) mediciones por tramo de prueba.

En lo que resta del documento podrá hacerse referencia al intervalo de medición y al segmento de medición con los términos abreviados “el intervalo” y “el segmento”.

B.7. PROFUNDIDAD DE RODERAS PROMEDIO

En los casos en que se midan valores de Profundidad de Roderas en cada una de las dos rodadas del carril de circulación evaluado, se calculará el promedio de los dos valores medidos, al que se denominará “Profundidad de Roderas promedio”.

B.8. VALOR REPRESENTATIVO DEL SEGMENTO DE MEDICIÓN PARA ESTUDIOS DE EVALUACIÓN

En los estudios de evaluación, y de acuerdo con las necesidades de cada estudio, se podrá medir uno o varios carriles de circulación del tramo que se requiera evaluar. Así, por ejemplo, en una carretera de un carril por sentido podrán evaluarse uno o los dos carriles, mientras que en una vía multicarril podrán hacerse mediciones en uno o más de los carriles existentes en cada sentido. Tomando en cuenta lo anterior, en todos los estudios de evaluación se realizarán mediciones, como mínimo, en los siguientes carriles:

- Carreteras de un carril por sentido. Uno de los dos carriles de circulación, preferentemente el carril en sentido creciente del cadenamiento.
- Carreteras multicarril. El carril exterior (carril de baja velocidad) de cada uno de los sentidos.

La Profundidad de Roderas medida en los carriles antes indicados se considerará representativa del segmento de medición, lo que implica que en el caso de las carreteras multicarril se definirán al menos dos juegos de segmentos de medición (uno por sentido de circulación).

CSV. CONSERVACIÓN

CAR. CARRETERAS

N.CSV-CAR-1-03-009/16

Para referenciar los valores de Profundidad de Roderas medidas en cada sentido de circulación y en cada carril, se utilizará la nomenclatura especificada en la Fracción 0. de esta Norma.

B.9. CALIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS TRAMOS EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE RODERAS

El estado de tramos carreteros de la Red Federal, se calificará en función de la Profundidad de Roderas utilizando los intervalos que se indican en la Tabla 1 de esta Norma.

TABLA 1.- Intervalos de Profundidad de Roderas para la clasificación de los tramos

| Estado | Intervalos de PR mm | |
|---------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| | Autopistas y Corredores Carreteros | Red Básica Libre y Red Secundaria |
| Bueno | < 5 | < 7 |
| Regular | 5,1 a 8 | 7,1 a 9 |
| Malo | > 8 | > 9 |

C. REFERENCIAS

Es referencia de esta Norma la *Guía para Bandereros* de la Dirección General de Conservación de Carreteras de la Secretaría.

Además, esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUALES

DESIGNACIÓN

| | |
|--|---------------------|
| Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías | N-LEG-2 |
| Dispositivos de Canalización para Protección en Obras | N-PRY-CAR-10-03-003 |
| Determinación del Perfil Transversal y Cálculo de la Profundidad de Roderas con Perfilómetro de Alto Rendimiento | M-MMP-4-07-017 |
| Determinación de la Profundidad de Roderas con Equipo Óptico Láser | M-MMP-4-07-018 |

Determinación de la Profundidad de Roderas con Equipo de Bajo Rendimiento . M-MMP-4-07-019

D. REQUISITOS PARA LA EJECUCIÓN DEL SERVICIO

D.1 PERSONAL REQUERIDO

El número de elementos y la estructura de la plantilla que prestará el servicio, así como las aptitudes de cada elemento, se definirán en las especificaciones del estudio. Sin embargo, en la integración de la plantilla se considerarán las descripciones de puesto cuyas cualificaciones y funciones se describen a continuación.

D.1.1. Coordinador general del estudio

Ingeniero civil con experiencia en la prestación de servicios relacionados con la evaluación de pavimentos. Será el responsable de planear el estudio, integrar la plantilla que lo llevará a cabo, coordinar y dar seguimiento a todas las actividades previstas y aprobar los informes que se entreguen a la Secretaría.

D.1.2. Coordinador de los trabajos de campo

Ingeniero civil o afín con experiencia en la realización de trabajos de campo necesarios para la medición de la Profundidad de Roderas. Tendrá a su cargo la programación, ejecución y supervisión de las mediciones, las verificaciones y calibraciones que se requieran para los equipos de medición y el resguardo de los datos recopilados en cada jornada, hasta su entrega al coordinador de los trabajos de gabinete para el procesamiento respectivo.

D.1.3. Personal de apoyo para los trabajos de campo

Personal necesario para la operación directa de los equipos con los que se llevará a cabo las mediciones. Cada elemento de este grupo contará con una experiencia en la ejecución de tareas similares a las que realizará durante el servicio.

D.1.4. Coordinador de los trabajos de gabinete

Ingeniero civil o afín con experiencia en el procesamiento de datos para la obtención de la Profundidad de Roderas y en la generación de informes de evaluación de pavimentos. Tendrá a su cargo la programación, ejecución y supervisión de las tareas involucradas en el cálculo de la Profundidad de Roderas, la elaboración y revisión de los informes requeridos como parte del estudio y el resguardo de los datos en bruto y los datos procesados, hasta la entrega de esta información a la Secretaría.

D.1.5. Personal de apoyo para los trabajos de gabinete

Personal necesario para el procesamiento de los datos recopilados y el cálculo de la Profundidad de Roderas de acuerdo con las especificaciones del estudio, así como para la elaboración de los informes requeridos. Cada elemento de este grupo contará con experiencia en tareas similares a las realizadas durante el servicio.

D.2. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE MEDICIÓN

Para cada tipo de estudio y de acuerdo con lo señalado en la Fracción 0., solo se podrán utilizar las clases de equipo de medición que se indican en la Tabla 2. Los equipos propuestos para la prestación del servicio cumplirán con las características definidas en los Manuales correspondientes que complementan esta Norma, según lo indicado también en la misma Tabla.

TABLA 2.- Equipos de medición en función del tipo de estudio y manuales de referencia

| Tipo de estudio | Clase de equipo admisible | Manual de referencia |
|------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Validación | Perfilómetro de Alto Rendimiento | M-MMP-4-07-017 |
| | Equipo Óptico Láser | M-MMP-4-07-018 |
| Evaluación | Equipo de Bajo Rendimiento | M-MMP-4-07-019 |

D.3. CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN

Los equipos propuestos contarán con todas las calibraciones especificadas por el fabricante. Las calibraciones y las condiciones generales de operación del equipo serán verificadas por alguna entidad pública o privada reconocida por la Secretaría para la realización de esta actividad. En cualquier caso, la entidad verificadora emitirá un *Informe de verificación* en el que quedará asentado que:

- Los componentes y el conjunto del equipo funcionan normalmente.
- Las mediciones cumplen con las especificaciones de precisión y exactitud que corresponden a su clase.
- El equipo cuenta con las calibraciones especificadas por el fabricante.

Para los equipos de alto rendimiento, el proceso de verificación incluirá, invariablemente, la calibración del *instrumento para la medición de la distancia* (DMI por sus siglas en inglés).

El informe de verificación de los equipos de alto rendimiento tendrá una vigencia máxima de doce (12) meses.

D.4. NOMENCLATURA DE LOS SENTIDOS Y CARRILES DE CIRCULACIÓN

Los sentidos de circulación se identificarán mediante las letras “A” o “B”, de acuerdo con la siguiente convención:

- “A”: Sentido de circulación en el que crece el cadenamiento.
- “B”: Sentido de circulación en el que el cadenamiento decrece.

Por lo que respecta a los carriles de circulación de cada sentido, éstos se numerarán consecutivamente, iniciando con el número “1” para el carril interior o de alta velocidad. En el caso de tramos con un solo carril por sentido, invariablemente se hará referencia a los carriles con el número “1”.

A manera de ejemplo, para hacer referencia al carril de baja velocidad de un tramo de tres carriles por sentido, en el sentido en el que el cadenamamiento decrece, se utilizará la denominación "B3".

D.5. BITÁCORA DEL SERVICIO

Para todo estudio de medición de Profundidad de Roderas, se levantará una bitácora de servicio en la que se registrará la siguiente información:

- Nombre del estudio
- Para cada tramo evaluado:
 - Nombre
 - Delimitación (Fracción 0.)
 - Longitud total
 - Tipo de pavimento (asfáltico o de concreto). Se registrará cualquier cambio en el tipo de pavimento que se detecte durante una jornada de medición determinada, indicando el cadenamamiento en el que se presente el cambio y el nuevo tipo de pavimento
 - Número de carriles existentes en el sentido de circulación evaluado. Se registrará cualquier cambio en el número de carriles que se detecte durante una jornada de medición determinada, indicando el cadenamamiento en el que se presente el cambio y el nuevo número de carriles
- Para cada jornada de medición:
 - Fecha
 - Hora de inicio y terminación de los trabajos
 - Sentido y carril de circulación
 - Cadenamamiento inicial y final del segmento evaluado durante la jornada

Asimismo, se registrará cualquier evento que, a juicio del coordinador de los trabajos de campo, sea relevante para los resultados del estudio.

Se podrá utilizar cualquier recurso para la generación de la bitácora, incluyendo la escritura manual o electrónica y la grabación de audio en medios analógicos o electrónicos. Sin embargo, en cualquier caso, el contenido de la bitácora se incorporará en forma escrita al informe del estudio (Cláusula F.).

E. EJECUCIÓN DEL SERVICIO

E.1. DELIMITACIÓN Y REFERENCIA DE LOS TRAMOS POR EVALUAR

Como paso inicial para la ejecución del servicio, el coordinador de los trabajos de campo, en conjunto con un representante de la Secretaría, identificarán en sitio las estaciones de origen y destino de cada tramo por evaluar. Para estos puntos, se registrará en la bitácora la siguiente información:

- Nombre del sitio
- Cadenamiento
- Coordenadas geográficas y UTM, (*Universal Transverse Mercator*)

Las coordenadas geográficas se obtendrán con un equipo GPS y se ajustarán mediante un proceso de corrección diferencial.

La información de las estaciones que delimitan cada tramo se comparará con la registrada en evaluaciones anteriores de Profundidad de Roderas o de cualquier otro indicador del estado del pavimento. En caso de existir discrepancias, el coordinador de los trabajos de campo y el representante de la Secretaría establecerán los mecanismos o procedimientos necesarios para resolver las discrepancias detectadas a satisfacción de la Secretaría.

E.2. MEDIDAS DE SEGURIDAD Y CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Como medida de seguridad, siempre que se utilicen los equipos de alto rendimiento, el vehículo de medición estará dotado, como mínimo, con los siguientes aditamentos:

- Torreta o barra de luces de color ámbar
- Marcas reflejantes en las partes delantera y trasera (incluyendo las defensas), así como en los costados. En el caso de perfilómetros inerciales, se tendrá especial cuidado en que la barra en la que van montados los sensores de elevación cuenten con este tipo de marcas.
- Rótulos en los que se indique que el equipo se encuentra realizando tareas de evaluación de pavimentos.

Cuando se efectúen trabajos con el equipo de bajo rendimiento, el carril de medición se cerrará a la circulación, canalizando el flujo vehicular mediante conos y bandereros con apego a los criterios establecidos en la Norma N-PRY-CAR-10-03-003, *Dispositivos de Canalización para Protección en Obras* y la *Guía para Bandereros* de la Dirección General de Conservación de Carreteras de la Secretaría.

Independientemente del tipo de equipo utilizado, el personal encargado de los trabajos de campo portará, invariablemente, chalecos de seguridad reflejantes.

Por otro lado, las mediciones se llevarán a cabo en horario diurno, a menos que las condiciones del tránsito lo impidan, caso en el que se solicitará un permiso especial de la Secretaría para laborar durante la noche.

En lo que concierne a las condiciones meteorológicas, los trabajos no podrán llevarse a cabo o se interrumpirán en presencia de lluvia, nieve, neblina o vientos fuertes.

E.3. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

El procedimiento de medición estará determinado por la clase del equipo que se utilice, la cual, a su vez, dependerá del tipo de estudio que se planeé realizar, como se indica en la Tabla 2 contenida en la Fracción D.2. de esta Norma. Sin embargo, en todos los casos, la ejecución de las mediciones comprenderá las siguientes tareas:

- E.3.1.** Registrar en la bitácora de servicio la fecha, hora, sentido, carril de circulación y cadenamiento que correspondan al

inicio de la jornada de medición. En caso de que se inicie la evaluación de un nuevo tramo, registrar previamente en la bitácora los datos del tramo, de acuerdo con lo estipulado en la Fracción 0.

- E.3.2.** Replicar el registro de los datos del tramo, carril y cadenamiento inicial en los equipos que cuenten con una interfaz electrónica para este propósito.
- E.3.3.** Cuando en una determinada jornada se tenga previsto continuar la medición de un carril iniciada en la jornada previa y el estudio en ejecución sea un estudio de evaluación, las mediciones se iniciarán doscientos (200) metros antes de la estación en la que se interrumpieron al concluir jornada anterior.
- E.3.4.** Llevar a cabo las mediciones siguiendo el procedimiento descrito en el manual complementario aplicable según el equipo utilizado, manuales que se mencionan en la Tabla 2.
- E.3.5.** Registrar en la bitácora y, de ser posible, en la interfaz electrónica del equipo, cualquier cambio en las características del tramo, como tipo de pavimento o número de carriles, así como cualquier incidente que pueda afectar las mediciones. Entre estos incidentes, pueden mencionarse rebases, cambios de velocidad, accidentes de tráfico, problemas en la operación del equipo o cualquier otro que el coordinador de los trabajos de campo considere relevante.
- E.3.6.** Registrar en la bitácora y, de ser el caso, en la interfaz electrónica del equipo, la fecha, hora, sentido, carril de circulación y cadenamiento que correspondan al final de la jornada de medición. Este paso se efectuará también siempre que se concluya la evaluación de un carril o tramo.

E.4. CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD DE RODERAS

El valor reportado de la Profundidad de Roderas será aquel que el equipo genere automáticamente, según los intervalos de medición que se estipulan en las especificaciones del estudio.

Las mediciones estarán referidas a segmentos de medición que cumplan con las siguientes características:

- Para un carril de circulación dado, con excepción de los segmentos de medición primero y último, el cadenamiento inicial de los segmentos será múltiplo del intervalo de medición correspondiente. Así, por ejemplo, dado un intervalo de medición de veinte (20) metros y un tramo definido por los cadenamientos 0+063 y 180+555, los segmentos quedarán definidos como sigue:

0+063 – 0+080

0+080 – 0+100

0+100 – 0+120

...

180+520 – 180+540

180+540 – 180+555

- Aun en el caso de los sentidos de circulación orientados en el sentido en el que el cadenamiento decrece, los segmentos de medición se referenciarán con un cadenamiento creciente. De esta manera, en ningún caso será admisible una referencia en la que el cadenamiento inicial sea mayor al final, por ejemplo:

180+555 – 180+540

F. INFORME Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

F.1. INFORME DE LOS TRABAJOS

Informe conciso, integrado por los conceptos que se indican a continuación:

F.1.1. Nombre del estudio

Denominación del servicio, según lo indicado en los términos de referencia elaborados por la Secretaría.

F.1.2. Identificación del tramo

- Nombre y clave de la carretera a la que pertenece el tramo, los cuales serán congruentes con la nomenclatura de la Dirección General de Servicios Técnicos.
- Origen y destino, referenciados mediante la información que se estipula en la Fracción 0.

F.1.3. 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
- Descripción cualitativa de los alineamientos horizontal y vertical

F.1.4. Descripción general de los trabajos efectuados

- Características del equipo de medición utilizado, incluyendo información sobre su calibración
- Detalles del procedimiento de medición utilizado
- Relación de cualquier situación adversa que se hubiera presentado durante la ejecución de los trabajos, puntualizando el impacto de tales situaciones sobre los resultados del estudio.

F.1.5. Resumen de resultados: estudios de evaluación

En el caso de los estudios de evaluación, el resumen de resultados se basará en los productos que se indican a continuación, los cuales se elaborarán para cada carril evaluado y para el valor representativo de cada segmento de medición (Fracción 0.).

- Larguillo de Profundidad de Roderas con la información agregada por kilómetro, utilizando como abscisas los puntos medios de cada segmento de un (1) kilómetro. En

este gráfico, se indicarán los umbrales que delimitan los estados “bueno”, “regular” y “malo” a los que se hace referencia en la Fracción 0., como se observa en la Figura 2.

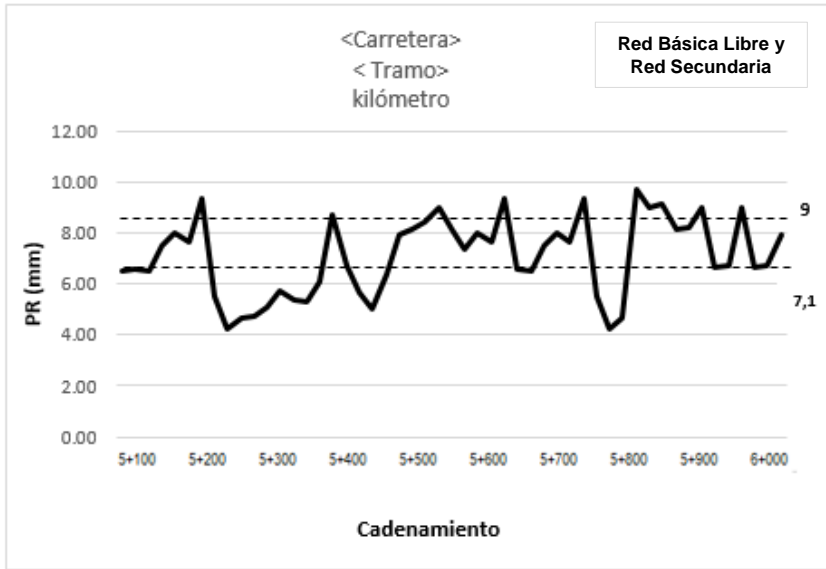


FIGURA 2.- Larguillo de Profundidad de Roderas por kilómetro

- Representación geográfica de los valores representativos, para lo cual se utilizará el proceso de representación de datos lineales conocido como *segmentación dinámica*.

El objeto de esta representación será meramente ilustrativo, por lo que podrá utilizarse para la generación de la capa base del tramo, o bien información pública (p. ej. del Instituto Nacional de Estadística y Geografía), o bien datos levantados previamente por la empresa contratista, con la única condición de que la información se encuentre actualizada.

- Porcentajes de la longitud del tramo en estado “bueno”, “regular” y “malo” en función de los umbrales definidos en la Tabla 1. Los resultados se ilustrarán mediante un gráfico circular.

- Evolución, durante los últimos cinco años, de los porcentajes de longitud del tramo en estado “bueno”, “regular” y “malo”, a partir en información histórica proporcionada por la Secretaría. Este resultado se acompañará de un gráfico de áreas similar al mostrado, a manera de ejemplo, en la Figura 3.

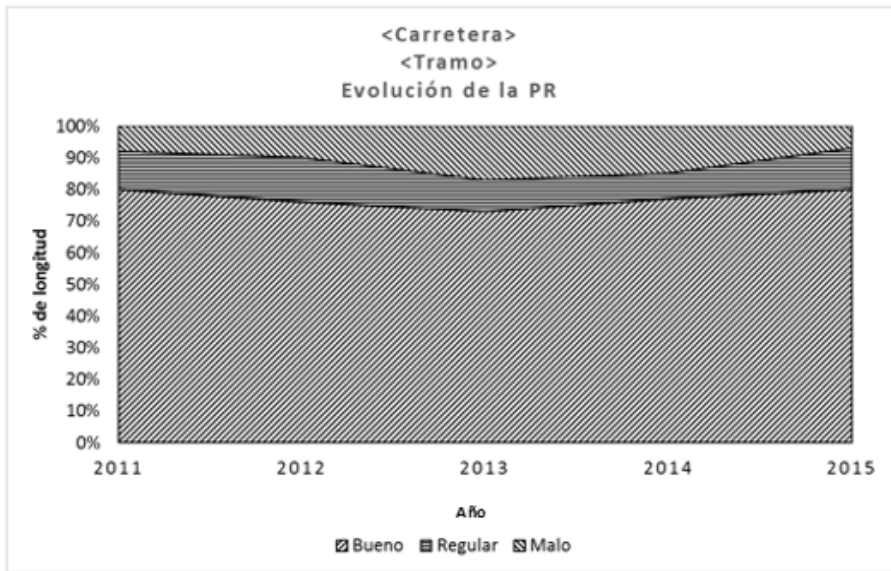


FIGURA 3.- Evolución del estado del tramo en función de la Profundidad de Roderas

- Gráfica de evolución de la Profundidad de Roderas media del tramo durante los últimos cinco años, basada también en datos históricos de la Secretaría. Esta gráfica irá acompañada de una valoración general que explique, a satisfacción de la Secretaría, las causas del cambio entre la Profundidad de Roderas calculada como resultado del servicio y el observado en el año inmediato anterior.

En los productos antes descritos, se utilizará la Profundidad de Roderas promedio en los casos en que se hayan medido valores de Profundidad de Roderas en las dos rodadas del carril de circulación evaluado (Fracción 0.).

F.1.6. Resumen de resultados: estudios de verificación

En el caso de estudios de verificación, el resumen de resultados comprenderá los conceptos que se describen en la Fracción 0.

Aunque, en general, los componentes del informe presentados anteriormente no son limitativos, se excluirán expresamente los siguientes conceptos:

- Descripción general de la red federal de carreteras o de la porción de la misma en la que se ubica el tramo.
- Datos geotécnicos o geológicos del tramo.
- Información teórica relativa a la Profundidad de Roderas o conceptos sobre gestión de carreteras.
- Descripciones genéricas de los equipos para la medición de la Profundidad de Roderas

F.2. ANEXOS

La información contenida en el cuerpo principal del informe, será complementada con los siguientes anexos:

F.2.1. Anexo “A”: Bitácora del servicio

Reproducción en formato electrónico de la bitácora del servicio a la que se refiere la Fracción 0.

F.2.2. Anexo “B”: Base de datos

Base de datos con formato de Microsoft Excel con una única tabla diseñada a partir de los siguientes campos:

- Clave de la carretera a la que pertenece el tramo evaluado, según la nomenclatura de la Dirección General de Servicios Técnicos.
- Sentido de circulación, de acuerdo con la nomenclatura especificada en la Fracción 0.

- Carril evaluado, de acuerdo con la misma nomenclatura.
- Cadenamiento inicial del segmento de medición.
- Cadenamiento final del segmento de medición.
- En los casos en que se hayan realizado mediciones de la Profundidad de Roderas en cada rodada del carril evaluado:
 - Profundidad de Roderas medida en la rodada derecha.
 - Profundidad de Roderas medida en la rodada izquierda.
 - Profundidad de Roderas promedio (promedio de los dos valores anteriores).
- Valor medido de Profundidad de Roderas, cuando se haya registrado un solo valor.

La longitud del segmento empleado en la creación de la tabla anterior será igual a la del intervalo de medición (Fracción 0.).

Sea cual fuere la dirección del flujo vehicular en el carril de circulación, el cadenamiento inicial siempre será menor que el final, es decir, los resultados se registrarán invariablemente en la dirección en la que crece el cadenamiento.

F.2.3. Anexo “C”: Detalle de las mediciones

Los informes relativos a los estudios de evaluación, incorporarán un anexo con los detalles de las mediciones almacenados en archivos de Microsoft Excel. Se creará un archivo por cada carril evaluado, y cada archivo incluirá los componentes que se describen a continuación, almacenadas en hojas de cálculo separadas:

- F.2.3.1.** Listado de las mediciones correspondientes al intervalo de medición original, el cual estará organizado de acuerdo con las siguientes columnas:
- Cadenamiento inicial
 - Cadenamiento final

- En los casos en que se hayan realizado mediciones de la Profundidad de Roderas en cada rodada del carril evaluado:
 - Profundidad de Roderas medida en la huella derecha
 - Profundidad de Roderas medida en la huella izquierda
 - Profundidad de Roderas promedio (promedio de los dos valores anteriores)
 - Valor medido de Profundidad de Roderas, cuando se haya registrado un solo valor

F.2.3.2. Larguillo interactivo, el cual permitirá visualizar la representación gráfica de las parejas cadenamamiento – Profundidad de Roderas de los segmentos de medición originales en intervalos de un (1) kilómetro. La navegación dentro del larguillo se controlará mediante una barra de desplazamiento, cuyos movimientos representarán un avance o retroceso de un (1) kilómetro que provocará la actualización de los datos del gráfico. En el título de éste, se incluirán el cadenamamiento inicial y final el segmento mostrado en el larguillo, como se ejemplifica en la Figura 4.

Cada larguillo mostrado comenzará en un kilómetro entero, exceptuando a los segmentos inicial o final cuando éstos inicien o terminen en un kilómetro fraccionario. Los distintos valores de Profundidad de Roderas estarán relacionados con el punto medio del segmento de medición.

F.2.3.3. Listado de mediciones agregadas por kilómetro, utilizando la misma estructura del listado de mediciones para el intervalo de medición original.

F.2.3.4. Larguillo con la información agregada por kilómetro, utilizando como abscisas los puntos medios de cada segmento de un (1) kilómetro. En este gráfico, se indicarán los umbrales que delimitan los estados “bueno”, “regular” y “malo”. El gráfico que corresponda a

los valores representativos será el que se incluya en el cuerpo principal del informe.

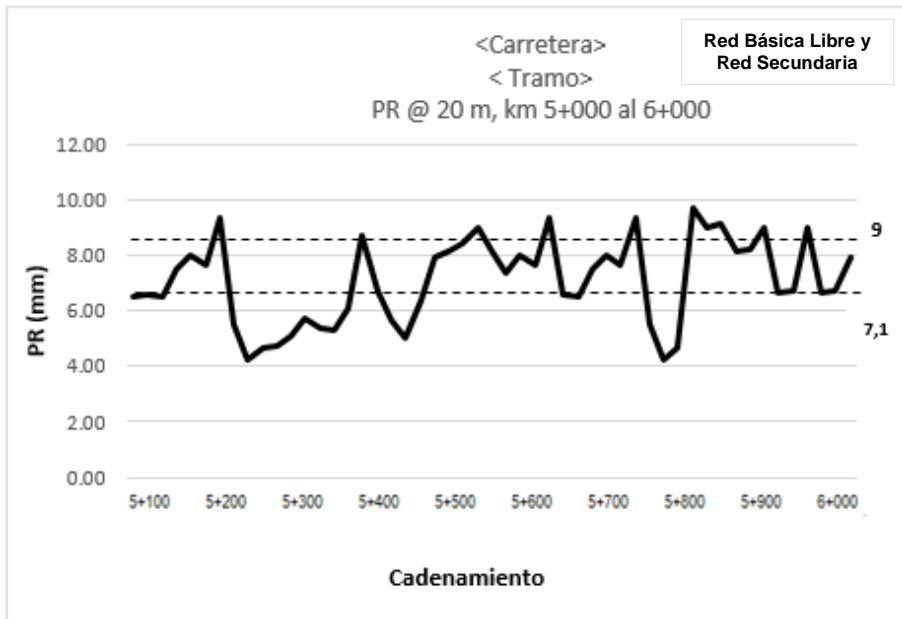


FIGURA 4.- Larguillo interactivo de la Profundidad de Roderas de los segmentos de medición originales

- F.2.3.5.** Porcentajes de longitud del carril en estado “bueno”, “regular” y “malo”, calculados a partir de los valores agregados por kilómetro. Los resultados se presentarán en forma tabular y se ilustrarán mediante un gráfico circular. Los resultados que se obtengan para los valores representativos del tramo serán los que se incluyan en el cuerpo principal del informe.
- F.2.3.6.** Listado de la evolución de la Profundidad de Roderas agregada por kilómetro durante los últimos cinco años, empleando información histórica proporcionada por la Secretaría.

- F.2.3.7.** Con base en el listado del inciso anterior, evolución de los porcentajes de longitud del carril en estado “bueno”, “regular” y “malo”. Este resultado se acompañará de un gráfico de áreas, y se incluirá en el cuerpo principal del informe en el caso de los valores representativos.
- F.2.3.8.** A partir también del listado del Párrafo 0, gráfica de evolución de la Profundidad de Roderas media del carril durante los últimos cinco años. Se incorporará al cuerpo principal del informe el gráfico correspondiente a los valores representativos del tramo.

Todas las hojas de cálculo llevarán como encabezado el nombre y la clave del tramo, así como los datos relativos al sentido y carril de circulación; para estos últimos, se empleará también la nomenclatura especificada en la Fracción 0.

Al igual que la base de datos, los listados incluidos en los diferentes libros se presentarán en orden creciente del cadenamamiento, independientemente de la dirección de flujo del carril que corresponda.

F.2.4. Anexo “D”: Resumen fotográfico

Conjunto de fotografías con resolución de al menos trescientos (300) puntos por pulgada con formato “JPG”, almacenadas en una carpeta del sistema de archivos de Windows denominada “Resumen fotográfico”.

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 de segmentos en estado “bueno”, “regular” y “malo”.

G. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Para ser aceptados, los trabajos cumplirán con todos los criterios establecidos en la presente Norma. En particular, los trabajos serán rechazados cuando se presente alguna de las siguientes causales:

- Que el tipo de equipo utilizado sea diferente del estipulado según la naturaleza de los trabajos.
- Que no pueda acreditarse la vigencia de la calibración y validación del equipo.
- Que los tramos objeto de la medición no sean delimitados de acuerdo con los criterios a que se refiere la Fracción 0.
- En el caso de estudios de evaluación, que no presente una explicación puntual de las diferencias entre las mediciones realizadas y las correspondientes al año inmediato anterior.
- Que se omitan una o más de las secciones o anexos del informe del servicio.

H. MEDICIÓN

El estudio se medirá para determinar el avance o la cantidad de trabajo efectuado siempre que se lleve a cabo por contrato y cumpla con lo indicado en la presente norma. Para tal efecto, se utilizarán los informes a que se refiere la Cláusula E. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, así como las unidades y aproximación especificados en los términos de referencia elaborados por la Secretaría.

Quando el estudio para la obtención de Profundidad de Rodera (PR) se efectúe por contrato, para determinar el avance o la cantidad de trabajo ejecutado para efecto de su pago, se medirá como se indica a continuación:

H.1. CONTRATO SOBRE LA BASE DE PRECIOS UNITARIOS

Quando el estudio se contrate sobre la base de precios unitarios, dependiendo de su tipo, se medirá como se indica en la Fracción F.1. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*.

H.2. CONTRATO A PRECIO ALZADO

Quando el estudio se contrate a precio alzado y sea ejecutado a satisfacción de la Secretaría, conforme a lo indicado en la Cláusula E. de esta Norma, según su tipo, se medirá como se

indica en la Fracción F.2. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*.

I. BASE DE PAGO

Cuando el estudio para la obtención de la Profundidad de Rodera (PR) se efectúe por contrato, en la integración de los precios se considerará lo siguiente:

I.1. CONTRATO SOBRE LA BASE DE PRECIOS UNITARIOS

Cuando el estudio se contrate sobre la base de precios unitarios, el pago se hará al precio fijado en el contrato para cada concepto de trabajo medido de acuerdo con lo indicado en las Fracciones H.1. ó H.2. de esta Norma. Este precio unitario incluye lo que corresponda por, gastos de operación, traslado y ejecución de los trabajos según lo establecido en la Cláusula G. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, para las actividades que integran su base de pago, que se indican a continuación:

I.1.1. Gastos de operación

Los gastos de operación se pagarán para este estudio de acuerdo a los precios fijados en el contrato para cada km carril de medición. Estos precios unitarios incluyen lo que corresponda por:

- Depreciación de vehículos
- Personal (viáticos, jornal)
- Desgaste del equipo de medición
- Combustible

I.1.2. Traslado

Estos gastos se pagarán considerando el desgaste del vehículo, combustibles, casetas de peaje, alojamientos y todo lo que incluye el llegar al sitio de prueba de acuerdo a los precios fijados en el contrato.

I.1.3. Ejecución de los trabajos

Los gastos generados por la ejecución de los trabajos de acuerdo con lo indicado en la Cláusula E. de esta Norma se pagarán según los precios fijados en el contrato por kilómetro carril evaluado.

I.2. CONTRATO A PRECIO ALZADO

En el caso de que el estudio de PR se contrate a precio alzado, en la integración de dicho precio se considerará lo que corresponda por: personal, gastos de operación y rentas, según lo establecido en la Cláusula G. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, para aquellas actividades que la Secretaría, a través de los Términos de Referencia a que se refiere el Inciso C.1.2. de la Norma antes mencionada, indique de entre las contenidas en la Fracción E.3. de esta Norma, dependiendo del tipo y propósito del estudio.

Cuando el estudio se mida según lo establecido en la Cláusula H., se pagará de acuerdo con los precios unitarios fijados en el contrato. Estos precios comprenderán todos los conceptos necesarios para la correcta ejecución del estudio, abarcando lo establecido en la presente Norma y en los términos de referencia elaborados por la Secretaría.

J. ESTIMACIÓN Y PAGO

La estimación y pago del estudio para la obtención de la Profundidad de Rodera (PR) se efectuará de acuerdo con lo señalado en la Cláusula H. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, y de acuerdo con lo establecido en los términos de referencia a que se refiere el Inciso C.1.2. de la Norma mencionada.

K. RECEPCIÓN DEL ESTUDIO

Cuando el estudio de PR se realice por contrato, será recibido por la Secretaría de acuerdo con lo establecido en la Cláusula I. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, y de acuerdo con lo establecido en los términos de Referencia a que se refiere el Inciso C.1.2. de la Norma mencionada.

Una vez concluido el estudio, la Secretaría lo aprobará y lo recibirá conforme a lo señalado en la Cláusula I de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*. Con respecto al "Informe Final de Cierre" al que se refiere la Fracción E.2. de la misma Norma, además de lo estipulado en esa Fracción, el informe final cumplirá con lo indicado en la Cláusula F. de la presente Norma.

L. BIBLIOGRAFÍA

ASTM International, ASTM E867-12: *Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems*, West Conshohocken, PA., EUA (2012).

ASTM International, ASTM E 1703: *Standard Test Method for Measuring Rut-Depth of Pavement Surfaces Using a Straightedge*.

FHWA, Characterization of Transverse Profiles. Publication No. FHWA-RD-01-024, *Pavement & Materials*, Washington, DC: FHWA, EUA (APRIL 2001).

Sayers, M.W., Gillespie, T.D. y Hagan, M.R., *Methodology for Road Roughness Profiling and Rut Depth Measurement*, Transportation Research Institute, UMTRI, The University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, EUA (1987).

Sayers, M.W. y Karamihis, S.M., *The little book of profiling*, the Regent of the University of Michigan, EUA (September 1998).

Wang, H., *Development of laser system to measure pavement rutting*, Schollar Comons, University of Florida, EUA (2005).

Bennet, C.R., Chamorro, A., Chen, C., de Solminiach, H. y Flintsch, G.W., *Data Collection Technologies for Road Management*, The World Bank, Washington D.C., EUA (2005).

SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES