

Conservación y explotación
de carreteras

**Gestión de la conservación III.
Aspectos complementarios**



1ª Edición: julio 2010

© Pablo García Cerezo
© Gerardo García Hernández
© Belén Monercillo Delgado
© Francisco Herrerueta García
© Sonia Ruiz de León
© Gloria Lorenzo Córdoba
© Fundación Laboral de la Construcción
© Tornapunta Ediciones, S.L.U.
ESPAÑA

Edita:
Tornapunta Ediciones, S.L.U.
Av. Alberto Alcocer, 46 B Pª 7
28016 Madrid ESPAÑA
Tél.: 91 398 45 00 Fax: 91 398 45 03
www.fundacionlaboral.org

ISBN OBRA COMPLETA: 978-84-92686-32-2
ISBN: 978-84-92686-79-7
Depósito Legal: M-31115-2010

ÍNDICE

	Introducción	5
	Objetivos generales	7
UD1	Auscultación de carreteras	9
UD2	Integración ambiental	47
UD3	Gestión de la prevención de riesgos laborales	87
	Índice de figuras	157



INTRODUCCIÓN

Este manual es el tercer y último volumen destinado a la gestión de la conservación para la formación de técnicos y jefes COEX.

En los dos manuales anteriores se estudiaron la estructura y las prescripciones establecidas en el documento “Sistema de gestión de las actividades de conservación ordinaria y ayuda a la vialidad, GSM”, que supone, actualmente, el estándar mínimo de gestión que han de seguir tanto las empresas que realizan conservación como las Demarcaciones de Carreteras.

Este sistema de gestión ofrece información muy precisa y contrastada durante años de investigación sobre las propiedades y los elementos de la carretera tales como firmes, drenajes, etc. Una de sus ventajas más importante consiste en ofrecer pautas concretas sobre la forma más adecuada de realizar los inventarios, las características de los elementos que han de gestionarse y los indicadores e índices de estado que revelan el estado actual de los elementos que componen las carreteras.

Asimismo, el documento GSM ofrece pautas concretas para la auscultación de firmes y obras de fábrica y otras infraestructuras asociadas a la carretera, como pueden ser las obras de fábrica, los puentes, los túneles y las obras de drenaje.

Este manual trata estos temas y otros aspectos que están presentes en la actividad de gestión de la carretera, como son los medioambientales y los relativos a la prevención de riesgos laborales.







OBJETIVOS GENERALES

Al finalizar el curso el alumno será capaz de:

- Conocer las actuaciones que deben llevarse a cabo con objeto de integrar de manera efectiva la auscultación, la protección del medioambiente y prevención de riesgos laborales en la gestión de la conservación.
- Conocer cómo se integra la auscultación de los elementos de una carretera en su gestión, así como la normativa vigente relacionada con la inspección y auscultación de los firmes y otros elementos de la carretera.
- Conocer los elementos básicos de las normas de carácter medioambiental asociados al desarrollo de infraestructuras así como cómo la integración de los aspectos medioambientales en la gestión de la carretera.
- Conocer la configuración del marco normativo básico en materia de prevención de riesgos laborales y tomar conciencia de las actuaciones que deben llevarse a cabo en la empresa con objeto de integrar de manera efectiva la prevención de riesgos laborales en su modelo de gestión.

UD1

ÍNDICE

		Objetivos	10
		Mapa conceptual	11
1.1		Introducción	12
1.2		Sistemas de auscultación de firmes de carreteras	13
1.3		Auscultación de infraestructuras asociadas a obras lineales	37
		Resumen	43
		Terminología	45

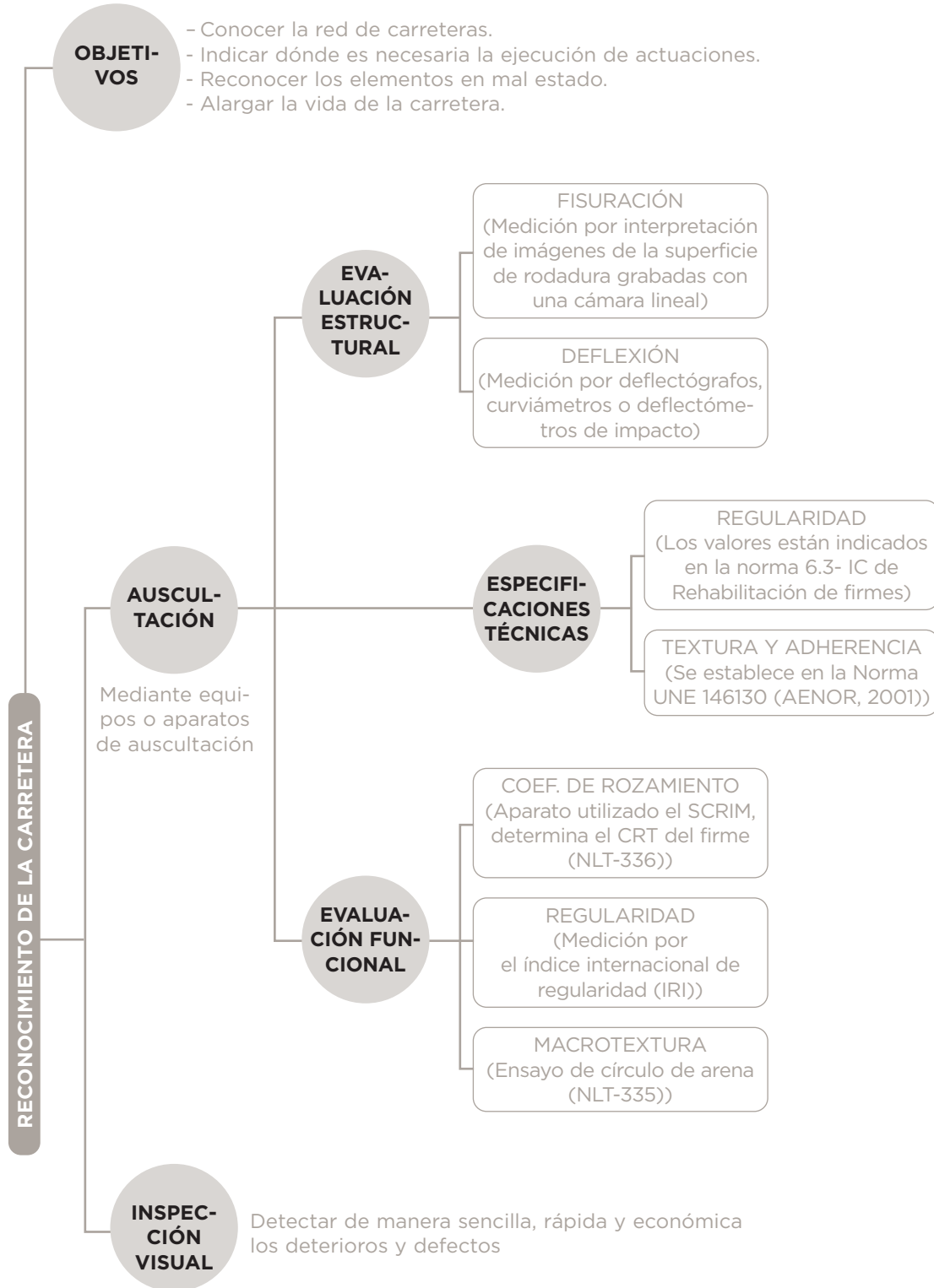


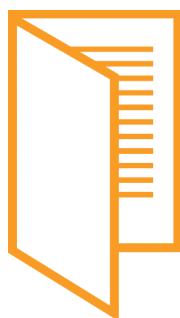
OBJETIVOS

Al finalizar esta Unidad Didáctica, el alumno será capaz de:

- Conocer la importancia de realizar inspecciones y auscultaciones periódicas de los elementos de una carretera para alargar su vida útil.
- Conocer cómo se integra la auscultación de los elementos de una carretera en su gestión integrada.
- Conocer la normativa vigente relacionada con la inspección y auscultación de los elementos de una carretera.
- Conocer las fases y los documentos necesarios para la correcta gestión de la inspección de los elementos que componen una carretera.
- Aprender y saber reconocer los conceptos más importantes de la instrumentación de auscultación.
- Adquirir los conocimientos necesarios para gestionar y auscultar los elementos de una carretera.

MAPA CONCEPTUAL





1.1 INTRODUCCIÓN

Desde que existen los primeros caminos, existe la preocupación por su estado y por su durabilidad en el tiempo, pero no es hasta la segunda mitad del siglo XX cuando se empieza a “medir” o auscultar el estado real del principal componente de la carretera: el firme.

Esta preocupación más intensa surge por varios motivos; uno es el rápido deterioro de los firmes debido al incremento espectacular del tráfico al popularizarse el uso del vehículo, además del escaso conocimiento del comportamiento de los materiales utilizados. A ello se une el rápido desarrollo de la tecnología de la medición de las propiedades de los materiales y las estructuras que componen la carretera, que hizo a partir de ese momento más rentable conservar las estructuras existentes que construir carreteras nuevas.

Cuando se habla de auscultación de la carretera siempre se tiende a pensar en el estado estructural y funcional de los firmes, pero hoy en día con la construcción de vías de cuarta generación es necesario realizar un seguimiento del estado de todos los elementos que coexisten en la carretera, ya que todos influyen mucho en la calidad de la rodadura de los vehículos que circulan en ellas. Por poner un ejemplo, se puede pensar en el primer enemigo de una carretera: el agua; si las estructuras de drenaje tanto longitudinales como transversales no se conservan en buen estado, sufrirán sus consecuencias todos los elementos que componen la carretera, como firmes, desmontes y terraplenes, estructuras de paso, etc.

Así, desde la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento se proporcionan las herramientas adecuadas, los factores que se han de tener en cuenta y la manera apropiada de realizar un control y seguimiento del estado de una carretera y de todos sus elementos asociados. Por lo tanto, no hay que olvidar en este punto que para cualquier actividad de gestión se debe conocer toda la normativa vigente, así como las recomendaciones dadas por el Ministerio de Fomento y Administraciones, que en este caso son los clientes últimos que reciben el resultado de la gestión. Como ejemplo de la necesidad del seguimiento de esta normativa cabe citar la norma de hormigón armado y estructural EHE08, que incluye un artículo nuevo que obliga a que los proyectistas realicen un plan de mantenimiento en el tiempo de la estructura que están proyectando o el documento “Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera” (Orden Circular 17/2003, del Ministerio de Fomento), publicado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, que facilita enormemente tanto el proyecto como la conservación de este tipo de estructuras.

A lo largo de esta unidad se hace un repaso por los sistemas de inspección y auscultación tanto de los firmes, que suponen las unidades más importantes de determinación del estado de una carretera, como de las demás estructuras que componen el total de elementos de una carretera, como puentes, túneles y obras de drenaje.

1.2 SISTEMAS DE AUSCULTACIÓN DE FIRMES DE CARRETERAS

1.2.1 Introducción

El objetivo primordial de la inspección y auscultación de las carreteras de la Red de nuestro país tiene como objetivos primordiales:

- Conocer el estado de la Red de Carreteras del Estado (RCE).
- Establecer los puntos donde es necesaria la ejecución de actuaciones de rehabilitación.
- Reconocer los puntos donde se encuentran elementos en mal estado que dificultan la circulación de los vehículos y que pueden provocar incidentes.
- Alargar la vida útil de las carreteras existentes.

1.2.2 Seguimiento y control del estado de las carreteras

En la gestión del seguimiento del estado de las carreteras de cualquier país es necesario contar con una serie de parámetros que permitan determinar el estado real de las infraestructuras, con un criterio unificado, en toda la Red de Carreteras.

En el caso de las carreteras se habla de infraestructuras que tienen mucha interacción con el usuario, hasta el punto de que a veces se deja la vida en ellas, por lo que estos parámetros son aún más importantes. Así, el Ministerio de Fomento ha establecido un criterio de referencia para todas las empresas que se dediquen a la conservación de carreteras.

A través del documento “Sistema de gestión de las actividades de conservación ordinaria y ayuda a la vialidad, GSM”, del Ministerio de Fomento (1996), y de la Norma 6.3-IC, se establecen criterios claros para evaluar el estado de los firmes de una carretera.

El resultado de toda esta información otorga al técnico competente datos claros y objetivos sobre el estado del firme y sobre la necesidad de realizar o no actuaciones.

Por todo lo expuesto anteriormente se puede concluir que para otorgar información objetiva sobre la carretera en estudio hay que empezar por conocer de manera exhaustiva la normativa existente.

A lo largo de los siguientes apartados se ofrece una visión del sistema de gestión de firmes y de los equipos de auscultación necesarios para realizarla.

Recuerda



La **inspección visual** es la revisión que realiza un técnico competente a una estructura en la que observa sus propiedades de forma visual para caracterizar su estado funcional y de servicio.

La **auscultación** es la evaluación del estado funcional y estructural de una infraestructura con equipos de alto rendimiento; en el caso de los firmes se hace de manera casi continua, con gran rapidez y sin afectar de manera importante a la circulación de los vehículos.

1.2.3 Especificaciones técnicas de recepción y servicio de los firmes

En la auscultación de carreteras una parte muy importante se realiza en los firmes, ya que constituyen la parte de la infraestructura que tiene el contacto más directo con el usuario; un mal estado del firme puede provocar accidentes mortales.

Además, las variaciones de cargas soportadas por el firme, las condiciones climatológicas de la zona, los accidentes, etc. obligan a realizar actividades de conservación constantemente.

En el caso de España, para evaluar el estado funcional y estructural del firme se emplean habitualmente los siguientes parámetros, aparatos y equipos, siempre siguiendo la normativa existente:

a. Evaluación funcional

- **Macrotextura:** esta propiedad se necesita para facilitar el contacto carretera-neumático en presencia de agua y mantener esta adherencia a velocidades altas. Se exige una macrotextura mínima en función de la categoría de la vía. En España se indica como parámetro para evaluar la profundidad media de la textura determinada mediante el ensayo de círculo de arena (NLT-335), que tiene escaso rendimiento; para asegurarse se suele recurrir a los texturómetros láser.
- **Coefficiente de rozamiento:** esta propiedad garantiza una rodadura segura para los vehículos y que puedan realizar con seguridad maniobras de giros y frenado garantizando la buena adherencia carretera-neumático. En España se utiliza como aparato de medida el SCRIM, que determina el coeficiente de rozamiento transversal (CRT) del firme (NLT-336).
- **Regularidad:** esta propiedad determina la calidad de rodadura de los vehículos sobre el firme evitando que deslicen y que no se presenten ni vibraciones ni oscilaciones. Por lo tanto, los firmes no deben presentar baches ni deformaciones. En España para medir la regularidad de un pavimento se utiliza el índice internacional de regularidad (IRI), y se mide mediante vehículos tipo respuesta o vehículos con equipos láser como los usados en la medida de la textura.

Las normas NLT las redacta el Centro de Estudios de Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) a petición de la Dirección General de Carreteras (Ministerio de Fomento).

Recuerda

En ellas se puede encontrar el procedimiento correcto para realizar las mediciones y los ensayos que determinen tanto el estado estructural como funcional de los elementos de una carretera.

A modo de ejemplo, y tomando como fuente la página web: www.carreteros.org, donde se pueden descargar los documentos completos, se citan a continuación unas cuantas:

- **313/87** Áridos. Adhesividad mediante la placa Vialit.
- **314/92** Toma de muestras testigos en pavimento.
- **316/89** Preparación en laboratorio de lechadas bituminosas.
- **317/87** Consistencia, con el cono, de las lechadas bituminosas.
- **317/00** Consistencia, con el cono, de las lechadas bituminosas.
- **318/88** Determinación por penetración del tiempo de curado de las lechadas bituminosas.

Recuerda



- **319/88** Adhesividad por vía húmeda de las lechadas bituminosas curadas.
- **320/87** Abrasión por vía húmeda de las lechadas bituminosas.
- **320/00** Abrasión por vía húmeda de las lechadas bituminosas.
- **321/89** Envuelta y resistencia de las lechadas bituminosas a la acción del agua.
- **323/93** Método de ensayo para clasificar las lechadas bituminosas por medida del par de torsión, en el cohesiómetro, en función del tiempo de curado.
- **326/00** Ensayo de lixiviación en materiales para carreteras (método del tanque).
- **327/88** Permeabilidad *in situ* de pavimentos drenantes con el permeámetro LCS.
- **327/00** Permeabilidad *in situ* de pavimentos drenantes con el permeámetro LCS.
- **328/91** Estabilidad al almacenamiento de betunes asfálticos modificados.
- **329/91** Recuperación elástica por torsión de betunes asfálticos modificados.
- **330/98** Cálculo del índice de regularidad internacional, IRI, en pavimentos de carreteras.
- **331/98** Medida de regularidad superficial con perfilómetro pivote de alta precisión.
- **332/87** Medida de la regularidad superficial de un firme mediante el equipo viógrafo.
- **334/87** Medida de la irregularidad superficial de un firme mediante la regla rodante de tres metros.
- **334/98** Medida de la irregularidad superficial de un pavimento mediante la regla de tres metros estática o rodante.
- **335/87** Medida de la textura superficial de un pavimento por el método del círculo de arena.
- **335/00** Medida de la macrotextura superficial de un pavimento por la técnica volumétrica.
- **336/92** Determinación de la resistencia al deslizamiento con el equipo de medida del rozamiento transversal.
- **337/92** Medida de las deflexiones en firmes con deflectógrafo tipo Lacroix.
- **338/98** Medida de las deflexiones de firmes con deflectómetro de impacto.

- **338/07** Medida de deflexiones en firmes y pavimentos con deflectómetro de impacto.
- **339/96** Clasificación de texturas superficiales de pavimentos.
- **340/88** Susceptibilidad a la temperatura de los materiales bituminosos mediante el flotador.
- **341/88** Penetración, con el cono, de los materiales bituminosos.
- **342/88** Fluencia de los materiales bituminosos.

Recuerda



b. Evaluación estructural

- **Deflexión:** este parámetro mide la respuesta del firme ante las cargas de tráfico que se soportan a lo largo del tiempo. Se mide con los deflectógrafos, con los curviámetros o con los deflectómetros de impacto; en España estos últimos son los más comunes, ya que con ellos se puede medir la deflexión máxima producida en el firme por carga o **eje patrón** de vehículo (13 toneladas en nuestro país). Se suele medir la deflexión con curviámetros o deflectómetros de impacto que ofrecen el valor puntual de la deflexión en comparación con la deflexión patrón (viga Benkelman) y corregida por temperatura.
- **Fisuración:** con este parámetro se mide el grado de **fatiga** de los firmes. La medida de la fisuración se obtiene a partir de la interpretación de imágenes de la superficie de rodadura grabadas con una cámara lineal.

A la hora de realizar auscultaciones en las capas de firme es conveniente advertir que hay que tener en cuenta las condiciones ambientales y de limpieza en las que se encuentra el firme. Existen algunos parámetros que se ven alterados por la temperatura a la que se encuentra el firme, como el coeficiente de rozamiento, que además se ve afectado también por el estado de limpieza y por la temperatura del aire. Todas estas particularidades en la medición se contemplan en las normas NLT del CEDEX.

Ejemplo



En la siguiente figura se muestra un extracto de la norma NLT 337/92 correspondiente a la medida de la deflexión de los firmes con un deflectógrafo tipo Lacroix y las consideraciones que hay que tener en los resultados de la medición:

Nota 1. La disposición del montaje del deflectógrafo, implica que todos los patines de apoyo de la viga de referencia estén afectados por las ruedas de carga y delanteras durante el ciclo de medida, así como que los ruedas delanteras jueguen un papel importante en los valores de deflexión medidos.

Nota 2. Un análisis de la respuesta del deflectógrafo a los bulbos de deflexión de forma y tamaño conocidos, indica que las deflexiones medidas son normalmente menores que las medidas con la viga Benkelman.

Nota 3. Por estas consideraciones, hay que subrayar la importancia que tiene normalizar tanto la posición al principio como al final del ciclo de medida, para obtener deflexiones que sean adecuadas para su utilización en los métodos de proyecto.

5 RESULTADOS

5.1 En el informe del resultado de los ensayos se incluirá como mínimo la siguiente información:

5.1.1 Características geométricas del deflectógrafo, indicando la situación en planta de los patines de apoyo de la viga de referencia, además de los ejes de giro y palpadores de los brazos de medida, así como su posición relativa con respecto al eje trasero del vehículo en las distintas fases del ciclo de medida. Asimismo, las distancias entre ejes delantero y trasero, y entre las ruedas de un mismo eje (ver figura 3).

5.1.2 Velocidad de medida y carga aplicada al pavimento por el eje delantero del vehículo.

5.1.3 Fecha y hora de realización del ensayo.

5.1.4 Temperatura ambiente y del pavimento durante las mediciones, como mínimo cada hora.

5.1.5 Otros factores meteorológicos (tiempo soleado, nublado o lluvioso, viento, etc.) y todas las circunstancias que ayuden en la interpretación de las deflexiones obtenidas.

5.1.6 Localización del ensayo y valores numéricos, en centésimas de milímetro, de las medidas realizadas.

6 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

TRRL Laboratory Report 834. «Pavement deflection: equipment for measurement in the United Kingdom» (1978).

TRRL Laboratory Report 835. «Pavement deflection: operating procedures for use in the United Kingdom».

AASHTO T 256-77(86) «Pavement Deflection Measurements».

7 NORMA PARA CONSULTA

NLT-356 «Medida de las deflexiones de un firme mediante el ensayo con viga Benkelman».

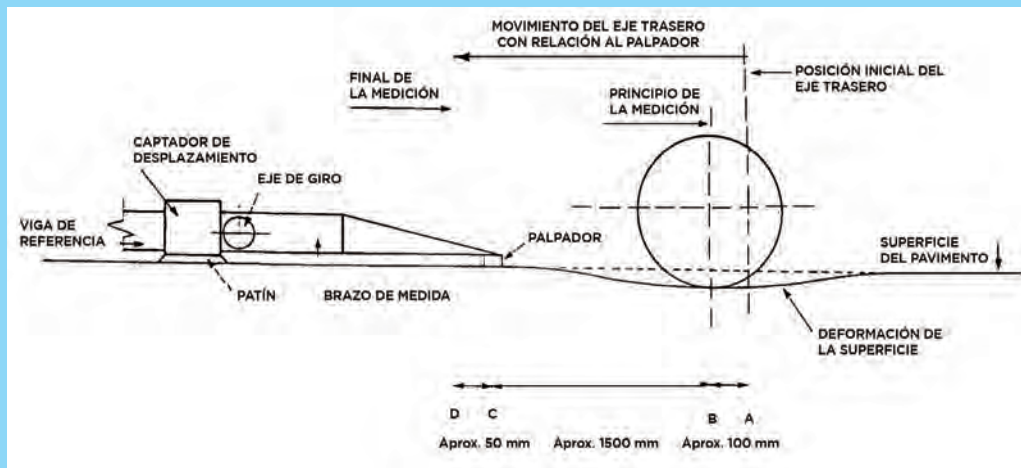


Figura 1. Extracto de la norma NLT 337/92 y esquema del deflectógrafo

A partir del estado tanto estructural como funcional de los firmes de carretera antes mencionados, el Ministerio de Fomento establece una serie de especificaciones técnicas referidas tanto a características funcionales como estructurales que se deben cumplir en cualquier construcción, rehabilitación o actuaciones de la conservación de carreteras.

Estas especificaciones son:

- Textura y adherencia (según el tipo de mezcla de la capa de rodadura)

Especificaciones válidas para todas las obras y para todo tipo de tráfico.

TIPO DE MEZCLA	PA	BBTM B	BBTM A	AC
Profundidad mínima de la mancha de arena (mm) según NLT-335	1,5	1,5	1,1	0,7
Coefficiente de rozamiento transversal (%) NLT-336	60	60	65	65

PA: mezclas porosas.

BBTM: mezclas tipo hormigón bituminoso densas y semidensas

AC: mezclas tipo microaglomerados discontinuos, capa delgada.

Figura 2. Textura y adherencia según el tipo de capa de rodadura



Figura 3 (a). Firme con regularidad insuficiente

- Regularidad

En este caso se distinguen las obras nuevas de la rehabilitación y la categoría de la vía.

IRI (dm/mm) NLT-330			1,5	1,8	2	2,5	3
Mezclas bituminosas tipo AC y PA ART 542, PG-3	Nueva construcción	Rodadura e intermedia (A)	50	80	100		
		Rodadura e intermedia (RV)	50		80	100	
		Resto de capas			50	80	100
	Rehabilitación	Espesor recrecimiento > 10 cm (A)	50	80	100		
		Espesor recrecimiento > 10 cm (RV)	50		80	100	
		Espesor recrecimiento < 10 cm (A)	50		80	100	
		Espesor recrecimiento > 10 cm (RV)	50			80	100
	Mezclas bituminosas BBTM A y B ART 543 PG-3	Nueva construcción	Autopistas y autovías (A)	50	80	100	
Resto de vías (RV)			50		80	100	
Rehabilitación		Espesor recrecimiento > 10 cm (A)	50	80	100		
		Espesor recrecimiento > 10 cm (RV)	50		80	100	
		Espesor recrecimiento < 10 cm (A)	50		80	100	
		Espesor recrecimiento > 10 cm (RV)	50			80	100

Figura 3 (b). Tabla con los valores del Índice Internacional de Regularidad.(IRI) según Norma NLT-330

En el caso de carreteras en servicio el Ministerio de Fomento ha establecido una serie valores que hay que cumplir en el caso de las concesiones de las autovías de primera generación para garantizar que las carreteras se encuentren en óptimo estado para la circulación de los vehículos.

Todos estos valores, junto con los anteriores, se encuentran reflejados en la norma 6.3- IC de Rehabilitación de firmes.



RESUMEN

• Auscultación

Es la evaluación del estado funcional y estructural de una infraestructura con equipos de alto rendimiento; en el caso de los firmes, de manera casi continua, con gran rapidez y sin afectar de manera importante a la circulación de los vehículos.

Las normas NLT las redacta el CEDEX a petición de la Dirección General de Carreteras (Ministerio de Fomento).

En ellas se puede encontrar el procedimiento correcto para realizar las mediciones y los ensayos que determinen tanto el estado estructural como funcional de los elementos de una carretera.

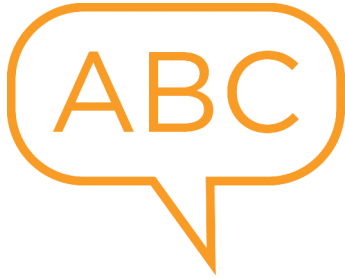
A modo de ejemplo, se pueden descargar los documentos de la página web www.carreteros.org, referidos a:

- **313/87** Áridos. Adhesividad mediante la placa Vialit.
- **314/92** Toma de muestras testigos en pavimento.
- **316/89** Preparación en laboratorio de lechadas bituminosas.
- **317/87** Consistencia, con el cono, de las lechadas bituminosas.
- **317/00** Consistencia, con el cono, de las lechadas bituminosas.
- **318/88** Determinación por penetración del tiempo de curado de las lechadas bituminosas.
- **319/88** Adhesividad por vía húmeda de las lechadas bituminosas curadas.
- **320/87** Abrasión por vía húmeda de las lechadas bituminosas.

- **320/00** Abrasión por vía húmeda de las lechadas bituminosas.
- **321/89** Envuelta y resistencia de las lechadas bituminosas a la acción del agua.
- **323/93** Método de ensayo para clasificar las lechadas bituminosas por medida del par de torsión, en el cohesiómetro, en función del tiempo de curado.

- **Inspección visual**

Es la revisión que realiza un técnico competente a una estructura en la que observa propiedades de la misma, de forma visual, para caracterizar su estado funcional y de servicio.



TERMINOLOGÍA

Eje patrón:

Cada uno de los ejes de un vehículo que forman un solo apoyo del chasis.

Fatiga:

Disminución de la resistencia mecánica de los materiales al someterlos a esfuerzos repetidos.

Infiltración:

Penetración del agua en el suelo.