



# NOTA TÉCNICA NT 1/2026

## Sobre la degradación de los firmes de carretera. Catálogo de deterioros de firmes. Inspección y auscultación de los firmes.

Para facilitar la inspección visual de los firmes y reducir al máximo la subjetividad de los equipos responsables, muchos organismos y administraciones de carretera desarrollaron catálogos de deterioros para hacer posible su detección, identificación, valoración y medición.

En el caso de España fue el Área de Tecnología de la Dirección General de Carreteras del entonces Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (MOPU) la que elaboró, en 1989, el documento titulado "Catálogo de deterioros en firmes" en un formato de fichas por tipo de deterioro, señalando sus causas probables y una orientación para su cuantificación, y que se apoyó en el publicado por la OCDE en el año 1978.

Con un esquema similar, en 2002, el Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica (DIRCAIBEA) publicó los Catálogos de Deterioros de Pavimentos Flexibles (M.5.1) y Rígidos (M.5.2).

Existen catálogos en muchos otros países pudiéndose señalar, por su amplia difusión, los empleados por la American Association of State Highway Transportation Officials (AASHTO) y por la Federal Highway Administration (FHWA) de Estados Unidos.

En Europa, el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) de Francia publicó en 1998 el Catalogue des Dégradations de Surface des Chaussées, donde se sistematizan los defectos más habituales de los pavimentos flexibles y semirrígidos franceses, ofreciendo criterios de diagnóstico y de relación causa-efecto entre el tipo de deterioro y las condiciones del tráfico o del clima.

De igual forma, el Reino Unido, a través del Transport Research Laboratory (TRL), elaboró su propio Visual Condition Survey Manual, que se integra en el sistema de gestión de firmes Pavement Management System (PMS) utilizado por el Department for Transport (DfT).



Más recientemente, la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA) publicó en 2017 la Monografía 14: Patología de los Pavimentos junto con las fichas de patologías de los pavimentos, que actualizan los criterios de identificación y diagnóstico de los defectos, incorporando los nuevos tipos de mezclas y técnicas constructivas utilizadas en la red viaria moderna.

Por tanto, la presente Nota Técnica tiene por objeto actualizar y homogeneizar los criterios de identificación, valoración y medición de los deterioros en los firmes de carretera, constituyendo una revisión del Catálogo de Deterioros en Firmes (DGC, 1989), adaptada a las tipologías constructivas y condiciones de conservación y explotación actuales.

A pesar de los años transcurridos desde la publicación del catálogo original, éste conserva su valor como herramienta de referencia, ya que permite identificar deterioros que, si bien hoy pueden resultar poco frecuentes, siguen siendo posibles y conviene mantener documentados para su correcta clasificación y análisis cuando se presenten.

También en el documento se analizan los principales factores que intervienen en la degradación de los firmes de carretera, tanto firmes asfálticos, como firmes de hormigón, abordando los mecanismos que condicionan su evolución en función de la tipología, las solicitaciones del tráfico y las condiciones climáticas. Se pone especial énfasis en el papel que desempeñan los sistemas de auscultación y gestión como herramientas esenciales para el seguimiento del estado de los firmes y para la definición de estrategias de conservación preventiva, orientadas a actuar en el momento oportuno y optimizar los recursos disponibles. En este sentido, hay que destacar la importancia que están teniendo las nuevas tecnologías de captación masiva de datos de pavimentos y que aportan un nuevo punto de vista a los sistemas de gestión de pavimentos; capaces de procesar y analizar ya gran cantidad de datos.

Del mismo modo, se desarrolla una clasificación de los deterioros más habituales que pueden presentarse en los distintos tipos de firmes, asfálticos o de hormigón, diferenciando entre aquellos de carácter estructural, que afectan al conjunto del paquete del firme o a su soporte, y los de carácter superficial, que inciden fundamentalmente sobre la capa de rodadura. Para cada tipo de deterioro se describen sus mecanismos de aparición y evolución, considerando las particularidades propias de las distintas tipologías estructurales y de los materiales empleados.

Por último, la presente nota técnica recoge como Anexo I el **Catálogo de Deterioros en Firmes (2026)**, compuesto por un conjunto de fichas que describen cada tipo de deterioro, su forma de medición y los criterios aplicables durante las inspecciones visuales, tanto cuando éstas se realizan de forma manual por personal especializado como mediante sistemas automáticos de auscultación. En



determinadas fichas se establecen, además, valores umbrales que permiten determinar el nivel de gravedad de los deterioros.

Asimismo, se incluyen las causas más probables asociadas a la aparición de cada tipo de deterioro, que deberán analizarse en cada caso concreto con el fin de definir la medida correctiva más adecuada, junto con las inspecciones complementarias recomendadas que pueden contribuir a una identificación más precisa del origen o causa de los mismos.

Además, en un Anexo II se recogen los criterios para indicar la ubicación de los deterioros en el firme y dentro del carril objeto de auscultación, en el Anexo III se especifica una metodología orientativa para la realización de inspecciones visuales, y en el Anexo IV se incluyen un conjunto de criterios básicos para la ejecución de inspecciones de firmes (auscultación) mediante equipos de alto rendimiento, con el fin de garantizar la coherencia y comparabilidad de los resultados obtenidos por los distintos métodos de evaluación.

Este documento ha sido elaborado por técnicos de la Dirección General de Carreteras:

Valverde Jiménez Ajo, Dirección Técnica

Ha contado con la participación de:

Jose Manuel Blanco, de la Demarcación de Carreteras de Extremadura.

Miguel Angel González, de la Dirección Técnica.

Emilio Criado, de la Subdirección General de Conservación y Gestión de Activos.

Christian de la Calle, de la Subdirección General de Conservación y Gestión de Activos.

Álvaro Celada, de la Subdirección General de Sostenibilidad e Innovación.

Antonio Muruais, de la Subdirección General de Sostenibilidad e Innovación.

Además ha contado con la participación de técnicos del sector privado de Parma Ingeniería y del Centro de Estudios del Transporte del CEDEX, así como con la revisión del contenido relacionado con pavimentos de hormigón por parte del Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA).

Ha sido aprobado por Álvaro Navareño Rojo, Director Técnico de la Dirección General de Carreteras, en mayo de 2026.



## Índice

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	5
2. LA DEGRADACIÓN DE LOS FIRMES DE CARRETERA.....	6
3. TIPOLOGÍA DE DETERIOROS .....	8
3.1. Deterioros estructurales .....	9
3.1.1. Firmes flexibles.....	10
3.1.2. Firmes Semiflexibles.....	10
3.1.3. Firmes semirrígidos .....	12
3.1.4. Firmes rígidos de hormigón en masa .....	14
3.1.5. Firmes rígidos de hormigón armado continuo .....	17
3.2. Deterioros superficiales.....	18
3.2.1. Mezclas bituminosas.....	18
3.2.1. Tratamientos superficiales.....	19
3.2.2. Hormigón.....	19
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....	20
ANEXO I CATÁLOGO DE DETERIOROS DE FIRMES DE CARRETERA .....	21
ANEXO II CRITERIOS PARA INDICAR LA UBICACIÓN DE DETERIOROS EN FIRMES	95
ANEXO III INSPECCIÓN VISUAL DE FIRMES.....	102
ANEXO IV AUSCULTACIÓN CON EQUIPOS DE ALTO RENDIMIENTO .....	116



## 1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El ámbito de aplicación comprende:

- Firmes con pavimento bituminoso: flexibles, semiflexibles y semirrígidos.
- Firmes con pavimento de hormigón: hormigón en masa con juntas y hormigón armado continuo.

No obstante, hay que señalar que en los firmes semirrígidos (aquellos que disponen de capas tratadas con conglomerantes hidráulicos, es decir, gravacemento y/o suelocemento), y en los firmes mixtos (firmes de hormigón con rodadura bituminosa), pueden aparecer deterioros propios de los firmes de hormigón (p.ej., una rotura de esquina), que pueden “reflejarse” posteriormente en el pavimento bituminoso.

Esta circunstancia debe ser tenida en cuenta en la inspección visual y/o en la auscultación con equipos de alto rendimiento para evitar errores de identificación y de análisis de las causas de los problemas.

Merece la pena destacar la evolución de los tipos de firmes en la RCE, desde el año 1999 al 2021.

En 1999, la red viaria presentaba una marcada predominancia de los firmes semiflexibles, que constituían el 50,7% del total. En segundo lugar se situaban los firmes semirrígidos, con una representación del 23,2%, seguidos por los firmes flexibles, que alcanzaban aproximadamente el 20,5%. Por su parte, los tratamientos superficiales suponían alrededor del 2%, mientras que los firmes de hormigón se situaban cerca del 3,6% del conjunto.

En 2021, la tipología de firmes seguía mostrando un claro predominio de los firmes semiflexibles, que representaban el 53,4% del total. A continuación, los firmes semirrígidos alcanzaban el 35,7%, mientras que los firmes flexibles tenían una presencia notablemente menor, en torno al 6%. Por su parte, los tratamientos superficiales no llegaban a representar el 1% del conjunto, y los firmes de hormigón se situaban alrededor del 2%. Asimismo, existía un pequeño porcentaje, entorno al 2%, correspondiente a firmes de tipo mixto en túneles y puentes.

Por tanto, puede concluirse que los firmes semirrígidos y semiflexibles han incrementado su peso relativo frente a las secciones flexibles y a los tratamientos superficiales (que tienden a desaparecer). Por su parte, los firmes de hormigón se mantienen en un porcentaje muy pequeño dentro del conjunto de la RCE.



## 2. LA DEGRADACIÓN DE LOS FIRMES DE CARRETERA

Las características iniciales de un firme de nueva construcción, o rehabilitado, se van degradando con el paso del tiempo debido a la acción del tráfico — especialmente el de los vehículos pesados— y a las acciones climatológicas. Esta degradación evolucionará de manera diferente dependiendo del tipo de firme, de su diseño, de la naturaleza de los materiales empleados, de la fabricación y puesta en obra y de las acciones a las que esté sometido.

Por esta razón, la tecnología de firmes ha ido desarrollándose con el tiempo en base a la experiencia adquirida mejorando el diseño de los firmes, la selección y caracterización de los materiales básicos, la formulación y el control de las distintas mezclas que formarán las distintas capas del firme, así como las técnicas de fabricación y puesta en obra.

Por ello, los resultados obtenidos son firmes cada vez más durables, destacando una mejora de sus características en general.

Sin embargo, esto no impide que sigan existiendo deterioros o degradaciones achacables al paso del tiempo, al envejecimiento y a la fatiga de los materiales, al aumento de las solicitaciones por cambios de uso no previstos (desarrollos urbanísticos, industriales, etc.), a la climatología, a causas accidentales y a sucesos imprevistos asociados normalmente a fenómenos meteorológicos extremos. También, en ocasiones, a la falta de constancia en las tareas de conservación.

Por tanto, desde el instante en el que un firme de carretera es construido o rehabilitado comienza su etapa de servicio, produciéndose su deterioro por la acción de las cargas del tráfico y de las acciones ambientales; siendo necesario actuar sobre el mismo de acuerdo con un plan de conservación con el objetivo principal de garantizar al usuario:

- Su seguridad, manteniendo unas condiciones adecuadas de resistencia al deslizamiento en todo momento.
- La comodidad y economía de uso, manteniendo una regularidad superficial en consonancia con el trazado y las velocidades de recorrido.
- La durabilidad de la infraestructura en el tiempo para que pueda mantenerse en unas condiciones de servicio adecuadas y plenamente operativa en todo momento.

Por este motivo en materia de conservación de firmes el momento de actuación es un factor fundamental que tiene una componente económica importante, no sólo en el coste directo de la reparación o rehabilitación del firme, sino también en el coste económico asociado a sus usuarios.



Es en este contexto donde la conservación preventiva adquiere un papel esencial. Una actuación a tiempo permite reducir de forma significativa los costes asociados a la conservación y explotación de la infraestructura viaria a lo largo de su vida útil. En la mayoría de los casos, estas intervenciones consisten en la corrección de deterioros superficiales, cuya reparación temprana evita o retrasa la aparición de daños de carácter estructural, notablemente más complejos y costosos de resolver.

En otras ocasiones, la conservación preventiva se materializa mediante la aplicación de tratamientos basados en estrategias de conservación predictiva, fundamentadas en el conocimiento del comportamiento y de la evolución de los firmes. Estas actuaciones permiten, por ejemplo, mitigar el envejecimiento prematuro de las mezclas en la capa de rodadura debido a la acción combinada de la temperatura y de la radiación solar, prolongando su funcionalidad y garantizando unas condiciones adecuadas de confort, seguridad y durabilidad para los usuarios.

Para hacer realidad esto, es fundamental saber dónde hay que actuar y hacerlo en el momento preciso para evitar la progresión de los posibles daños que puedan aparecer. Para ello, la herramienta fundamental es un Sistema de Gestión Avanzada de Firmes, que no sólo incluya un inventario detallado y actualizado de estos y de sus características, sino también los resultados de las campañas de auscultación periódicas que se realizan con equipos de alto rendimiento, capaces de inspeccionar miles de kilómetros en periodos de pocos meses, además de repetir las mediciones al cabo de un cierto tiempo para detectar la evolución de los posibles deterioros existentes y la detección de posibles nuevas afecciones.

En el futuro inmediato, con la digitalización de los procesos, es probable que se llegue a una gestión inteligente de la red basada en la toma de datos mediante la instrumentación de los firmes, la sensorización de los vehículos y otras tecnologías apoyadas por modelos de comportamiento y de predicción para adoptar las estrategias de conservación más adecuadas en cada momento.

En la actualidad, los sistemas de auscultación de alto rendimiento son capaces de proporcionar información sobre la regularidad longitudinal y transversal de la carretera, su coeficiente de rozamiento, su capacidad estructural, así como la detección de deterioros mediante un mapeado láser 3D de la superficie del firme, o la gestión de imágenes mediante sistemas que aplican la visión artificial con cámaras embarcadas en vehículos.

Ya desde el pasado año 2025 se está incluyendo esta última tecnología, la visión artificial, en los propios pliegos de los contratos de servicios de conservación y explotación de carreteras (contratos COEX) para facilitar y mejorar la realización de las inspecciones con una frecuencia determinada.



Para la toma de decisiones sobre las estrategias de conservación más adecuadas en cada caso concreto, deberán tenerse en cuenta tanto las tecnologías y procedimientos de auscultación tradicionales como los de alto rendimiento y las inspecciones visuales. Estos no resultan excluyentes sino complementarios, teniendo en cuenta su ámbito de aplicación, potencial y limitaciones actuales en cada caso.

Por tanto, la **mayor o menor evolución de los deterioros que puedan aparecer en los firmes dependerá tanto del diseño inicial como de la estrategia de conservación y mantenimiento que se adopte**. En cualquier caso, para poder diagnosticar con acierto la naturaleza de un deterioro, prever su evolución y determinar las acciones correctivas o paliativas a adoptar, deben comprenderse los mecanismos de degradación de los firmes y además de esto tipificarse y normalizarse los deterioros.

### 3. TIPOLOGÍA DE DETERIOROS

Los diversos tipos de deterioros y degradaciones de un firme pueden tener orígenes comunes o diferentes, como ya se mencionó anteriormente, pero por lo general obedecen a la combinación de uno o varios factores como la acción del tráfico y de la climatología, la existencia de posibles errores y/o insuficiencias en el proyecto (diseño), o posibles deficiencias en la construcción (calidad) de la carretera (drenaje, geotecnia, otros) o carencias en su conservación. Los defectos se pueden clasificar de la siguiente manera, según su origen:

- Defectos en el diseño del firme: insuficiente capacidad estructural, infravaloración del tráfico, sobrevaloración de los materiales disponibles, incorrecta consideración de los aspectos climáticos y sus efectos, elección de bases erosionables en el caso de los pavimentos de hormigón, incorrecto diseño de juntas, etc.
- Defectos del sistema de drenaje superficial y, especialmente, profundo.
- Defectos en el diseño o elección de los materiales: mezclas bituminosas no adaptadas a las condiciones de tráfico y clima, insuficiente capacidad resistente de pavimentos de hormigón o materiales tratados con conglomerantes hidráulicos, materiales granulares contaminados, con plasticidad o mal graduados, etc.
- Defectos en la ejecución: fallos de curado, compactación insuficiente, puesta en obra con el material segregado y/o con temperatura excesivamente baja o alta, espesores inferiores a los previstos, riegos auxiliares heterogéneos o con dotación insuficiente (con el consiguiente despegue de las capas), etc.



Los deterioros más habituales se suelen clasificar en dos grupos:

- Estructurales: los que afectan al conjunto del firme o a su soporte.
- Superficiales: los que afectan básicamente a la capa de rodadura.

Aun cuando los segundos suelen ser los más fáciles de apreciar, afectando negativamente a la imagen de la carretera, los estructurales deben preocupar aún más a los gestores de la red viaria, ya que pueden afectar a una o varias capas, precisando para su solución actuaciones más costosas, complejas y con una mayor afección a los usuarios durante su realización.

Por último, conviene realizar una mención específica a los deterioros asociados a los procesos de envejecimiento, derivados tanto del transcurso del tiempo como de la acción de los agentes meteorológicos y, en determinados materiales, también de las propias condiciones de fabricación e incluso, aunque actualmente muy poco frecuente, de almacenamiento, como es el caso del cemento.

En el ámbito de los firmes bituminosos, el envejecimiento de las mezclas está directamente vinculado al envejecimiento de los ligantes, cuyo efecto principal es normalmente la pérdida de elasticidad progresiva y el aumento de su rigidez.

Este proceso se inicia durante la fase de fabricación de las mezclas, como consecuencia del calentamiento al que se someten los materiales, y continúa a lo largo de su vida en servicio debido, fundamentalmente, a la acción de la radiación solar y a los gradientes térmicos a los que se ve expuesto el firme. Como consecuencia, se incrementa la susceptibilidad a la fisuración y se reduce la cohesión interna de la mezcla, pudiendo llegar a producirse fenómenos de desintegración superficial o pérdida de partículas.

Por este motivo, en las capas más expuestas del firme, especialmente la capa de rodadura, es habitual la utilización de ligantes modificados mediante distintos tipos de elastómeros, con el objetivo de mitigar los efectos del envejecimiento. En definitiva, la resistencia mecánica de las mezclas aumenta y su capacidad de deformación disminuye, mejorando su respuesta frente a la acción de las cargas de tráfico y disminuyendo su susceptibilidad a los fenómenos de fatiga.

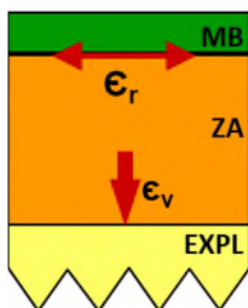
### 3.1. Deterioros estructurales

Entre los deterioros estructurales más significativos se encuentran las fisuraciones, originadas por diferentes causas, y las deformaciones verticales, que pueden manifestarse tanto en forma de fisuras como de baches o hundimientos. A continuación, se analizan estos tipos de deterioro en función de la tipología



estructural del firme, diferenciando entre firmes flexibles, semiflexibles, semirrígidos y de hormigón.

### 3.1.1. Firmes flexibles

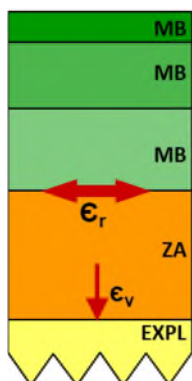


La forma de fallo de este tipo de secciones se produce, por lo general, por agotamiento de la explanada, que se traduce en su deformación. Para que esto no ocurra, o lo haga lo más tarde posible, es fundamental evitar la entrada de agua. Por esta razón, son muy importantes las condiciones de drenaje de la carretera y la integridad de las capas asfálticas para evitar su rotura. La forma más sencilla de conseguirlo es mantener la unión entre las capas asfálticas que componen el firme, lo que se consigue con una adecuada preparación del soporte (su limpieza es fundamental y suele ser la labor a la que se presta menos atención) y un adecuado riego de adherencia (tipo, dotación, y correcto curado) que se debe proteger adecuadamente para que no sea dañado —o eliminado al quedar adherido a los neumáticos del equipo de transporte— antes de que se lleve a cabo el extendido.

Si las capas asfálticas trabajan por separado su resistencia conjunta disminuye drásticamente y de forma rápida se fatigarán y agrietarán, permitiendo el paso de agua hacia las capas inferiores y a un progresivo deterioro de la sección del firme.

Dado el bajo espesor de materiales bituminosos, estas estructuras transmiten una parte importante de las cargas del tráfico a las capas inferiores no tratadas y a la explanada. El agotamiento de la explanada se refleja en deformaciones verticales permanentes con un amplio radio de curvatura. Si se mantiene la integridad del firme asfáltico éste será capaz de seguir esta deformación sin fisurarse. En caso contrario, el firme se agrietará y el fenómeno progresará a mayor velocidad.

### 3.1.2. Firmes Semiflexibles



En este caso, la rigidez y la resistencia a tracción de las capas de base bituminosas permiten difundir las cargas del tráfico de forma más eficaz, descargando las tensiones a las capas granulares inferiores y a la explanada. Así pues, es más difícil la aparición de deformaciones permanentes verticales de la estructura salvo en circunstancias excepcionales (climatología muy adversa o mala ejecución de las capas inferiores). Por contra, las cargas del tráfico deben ser absorbidas por las capas bituminosas lo que comporta dos procesos potencialmente problemáticos, como se expone a continuación.



El primero, y más habitual e importante históricamente, es la acumulación de fuertes deformaciones a tracción en la base (capa bituminosa inferior) lo que puede conducir a su rotura por fatiga dependiendo de los espesores y rigideces de dicha capa. Esto supondrá el inicio de una fisuración de la base en su cara inferior, lo que debilitará la sección y, por consiguiente, se producirá el ascenso de la fisura hacia la superficie de la calzada, proceso que se conoce como fisuración ascendente.

Es importante señalar que esta fase inicial del deterioro es invisible para la inspección visual y que sólo puede ser apreciada con antelación por el aumento de las deflexiones medidas en la auscultación estructural.

Una vez que las fisuras aparecen en la superficie, generalmente en forma longitudinal en las zonas de rodada del carril de vehículos pesados, la fisuración evoluciona ramificándose y desdoblándose hasta formar un cuarteo en malla que será más o menos gruesa en función del espesor total de mezclas bituminosas. En climas adversos, con lluvia frecuente o hielo, se pueden llegar a producir deformaciones permanentes de forma excepcional.

Como en el caso de los firmes flexibles, si no se actúa a tiempo estos cuarteos evolucionarán a peor con la formación de baches, puesto que las fisuras se amplían y conectan entre sí, produciendo: el desprendimiento de los áridos, la formación de huecos bajo la capa de rodadura y con ello la aparición de baches.

Este proceso es acelerado por la acción combinada del tráfico pesado y el agua, que ejerce bombeo y erosiona el material subyacente.

Estos problemas pueden aparecer de forma diferente, y agravada, cuando las capas bituminosas no están adecuadamente adheridas entre sí pues el conjunto no trabaja de forma solidaria y los problemas aparecerán más rápido e, incluso, en capas diferentes.

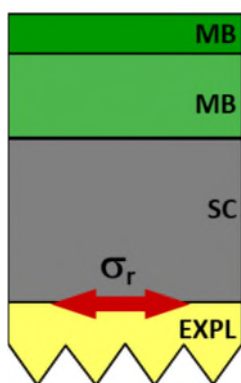
El otro proceso de deterioro, que en la actualidad es bastante habitual, se produce en firmes con buen comportamiento a largo plazo, y consiste en la aparición de una fisuración longitudinal en la rodada del carril de vehículos pesados como consecuencia de un fenómeno de fatiga por cortante entre la superficie del firme que soporta la carga de la rueda y la superficie inmediata adyacente no cargada. Este tipo de fisuración es conocida como fisuración descendente, o *top-down cracking* en inglés, ya que se caracteriza por evolucionar desde la superficie de la rodadura a la interfaz con la capa intermedia. El proceso suele ir precedido en el tiempo por un envejecimiento de las mezclas bituminosas que provoca una fisuración aleatoria superficial, rigidización y pérdida de ductilidad, fenómeno que se acentúa en tiempo frío y por una elevada amplitud térmica. La suma de ambos fenómenos se traduce en un cuarteo en malla relativamente gruesa, más tupida en la zona de rodada



de los pesados, pero sin que las medidas de deflexión acusen un problema evidente de agotamiento estructural lo que refuerza la necesidad de una buena inspección visual.

Dado que este tipo de deterioro afecta fundamentalmente a las capas de rodadura, se puede solucionar con un proceso de fresado y reposición entre otros.

### 3.1.3. Firmes semirrígidos



El empleo en estos firmes de capas tratadas con cemento (suelocemento y gravacemento), permite obtener un buen comportamiento estructural, debido a la elevada rigidez de dichas capas. Estas capas deben prefisurarse a distancias cortas para minimizar el riesgo de aparición de fisuras por retracción, que podrían dar lugar a la formación de losas excesivamente grandes (con distancias entre fisuras comprendidas entre 7 y 15 m, dependiendo del espesor, de los contenidos de cemento y de la rigidez), con un elevado riesgo posterior de reflexión de esas fisuras en las capas de mezcla bituminosa.

Conviene evitar que se formen losas muy largas por varios motivos:

1. Cuanto más largas sean las losas, mayores serán sus movimientos de contracción y dilatación por el efecto de la temperatura, siendo muy difícil evitar la reflexión de fisuras en las capas superiores de mezcla bituminosa, llegando dichas fisuras hasta la superficie.

2. Estos elevados movimientos producen una importante separación entre los bordes de las losas formadas, reduciendo la transmisión de cargas entre ellas e incrementando las tensiones en esas zonas, lo que puede provocar, por un lado, la rotura de las losas, disminuyendo la capacidad estructural del firme, por otro lado, la entrada de agua hasta la explanada, con el consiguiente riesgo de erosión y, finalmente, el despegue de las capas de mezcla bituminosa y su fatiga.

3. Esta fisuración, intrínseca a los materiales tratados con cemento, tendrá una distribución aleatoria, con la dificultad de conocer dónde se ha formado hasta que aparezca en superficie. En ese momento sería necesario realizar un sellado para evitar la entrada de agua y el empeoramiento del deterioro.

Cuando comenzó la ejecución de esta tipología de firmes se trató de retrasar la reflexión de fisuras en la superficie mediante el extendido de elevados espesores de mezcla bituminosa, comprobándose que era cuestión de tiempo que éstas apareciesen en superficie.



Tras probar distintas medidas antirreflexión de fisuras se observó que la más económica, eficaz y fiable era la prefisuración transversal en fresco de las capas tratadas con cemento, induciendo las juntas a distancias próximas, entre 3,5 m y 4 m, consiguiendo así la formación de losas cortas con movimientos reducidos y una mayor durabilidad.

Las juntas se realizan en fresco, antes de que comiencen el fraguado del material, aplicándose una emulsión bituminosa en el surco generado con el fin de evitar que se vuelva a cerrar la junta en el proceso de compactación. Para capas de anchura superior a 5 m es imprescindible disponer también una junta longitudinal central para evitar que pueda formarse posteriormente una fisura longitudinal sin ningún tipo de control.

Gracias a la rigidez que aportan las capas tratadas con cemento, estos firmes atenúan las cargas del tráfico que llegan a la explanada, por lo que es difícil que se produzcan deformaciones verticales que no sean consecuencia de asentamientos imprevistos de las obras de tierra, no achacables al firme propiamente dicho. Por la misma razón, al menos en una primera etapa de la vida del firme, las capas bituminosas superiores no trabajan —o trabajan muy poco— a flexotracción, lo que hace que su principal problema sea el de las deformaciones plásticas si las mezclas no han sido bien diseñadas o puestas en obra.

Con el paso del tiempo, se pueden producir dos fenómenos que están relacionados con la diferencia de rigidez y con el comportamiento frente a los cambios de temperatura que hay entre los materiales tratados con cemento y los materiales bituminosos:

- El riesgo de reflexión de las fisuras existentes en las capas tratadas con cemento se incrementa con los esfuerzos cortantes generados por el paso de las cargas, siendo éste el deterioro más extendido en este tipo de firmes.
- Por otro lado, si existe una pérdida de adherencia en la interfaz entre el paquete de mezclas bituminosas y la capa de material tratado con cemento, dicho paquete comienza a trabajar a flexotracción, siendo más sensible a la aparición de fenómenos de fatiga.

En el primero de los casos, es recomendable proceder al sellado de las fisuras reflejadas para evitar el efecto que pudiera tener la entrada de agua en la degradación de los labios de la fisura, en la erosión de las capas del firme y de la explanada y en el posible despegue entre capas, lo que puede conducir a un desdoblamiento y ramificación de la fisura inicial. Esta evolución del deterioro se conoce en algunos países como fisuración en “D” o “delta” debido a la figura que suelen conformar en la superficie del firme.

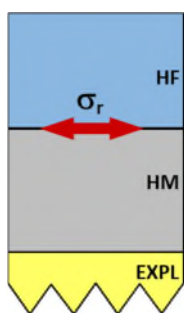


En el segundo caso, una forma sencilla de evitar esta situación es seguir las indicaciones que se recogen en relación con el curado y protección superficial de los materiales tratados en el artículo 513 del PG-3, y de preparación de la superficie existente y limitaciones de ejecución del artículo 531 riegos de adherencia del PG-3.

El problema de envejecimiento de las mezclas y de fisuración descendente descrito para los firmes semiflexibles también se puede producir en este tipo de firmes.

Adicionalmente, algunas patologías de los firmes semirrígidos pueden tener su origen en una compactación insuficiente del fondo de capa del suelocemento o de la gravacemento. Esta deficiencia de ejecución reduce la densidad y la capacidad resistente efectiva de la capa tratada con cemento, pudiendo comprometer su rigidez y su comportamiento estructural. En estas condiciones, la capa resulta más vulnerable a la fisuración y a la pérdida prematura de prestaciones, lo que puede acelerar el deterioro del firme.

### 3.1.4. Firmes rígidos de hormigón en masa



Los firmes de hormigón en masa están constituidos por una sucesión de losas sin armadura. Las juntas longitudinales entre carriles y las transversales cada 4-5 m entre losas deben serrarse en el plazo adecuado para evitar la formación de grietas aleatorias por fraguado y curado del hormigón sin dañar los bordes de la junta que se está formando. Especialmente en los tráficos más pesados, las juntas transversales pueden llevar pasadores de acero que contribuyen a la transmisión de las cargas entre las losas al paso del tráfico. Asimismo, en las juntas longitudinales de alabeo entre carriles se suelen disponer barras de atado para evitar su apertura.

En esta tipología de firmes, su comportamiento estructural se basa en la alta rigidez y capacidad de reparto de cargas del hormigón, de forma que la práctica totalidad de los esfuerzos debidos al tráfico son soportados por las losas trabajando a flexotracción. Las tensiones verticales transmitidas a la capa de base y a la explanada son muy bajas mientras las condiciones de apoyo sean buenas, y las tensiones horizontales disminuyen en la medida en que la losa esté más despegada del soporte.

A dicho pavimento se le debe proporcionar la regularidad y textura superficial necesarias para permitir una rodadura cómoda y segura al paso del tráfico.



Para los tráficos más ligeros el pavimento de hormigón puede descansar directamente sobre la explanada<sup>1</sup>. Así comenzó su construcción hasta que se pudo constatar que para los tráficos medios y elevados, la rigidez del pavimento no era suficiente para evitar el fenómeno de la erosión de la base.

La solución fue interponer una capa entre la explanada y el pavimento, con una resistencia a la erosión acorde al volumen del tráfico pesado existente. Inicialmente se optó por una gravacemento, pero se observó que, incluso con este material, podían aparecer problemas de erosión en el caso de los tráficos más elevados.

Fue entonces cuando se decidió, para estos tráficos, su sustitución por una capa de hormigón magro. Con estas bases de hormigón magro se conseguía mejor regularidad lo que permitía una construcción más eficiente y una mayor calidad del pavimento.

Para el caso de carreteras de baja intensidad de tráfico, la norma 6.1-IC de Secciones de firme prescribe bases de material no tratado (zahorra) bajo el pavimento de hormigón.

El fenómeno de la formación espontánea de fisuras (transversales y longitudinales) que se ha comentado en el caso de los materiales tratados con cemento también se produce en los pavimentos de hormigón, en este caso con mayor intensidad debido a su mayor rigidez, razón por la cual se hacen juntas de serrado, antes de que empiece la retracción.

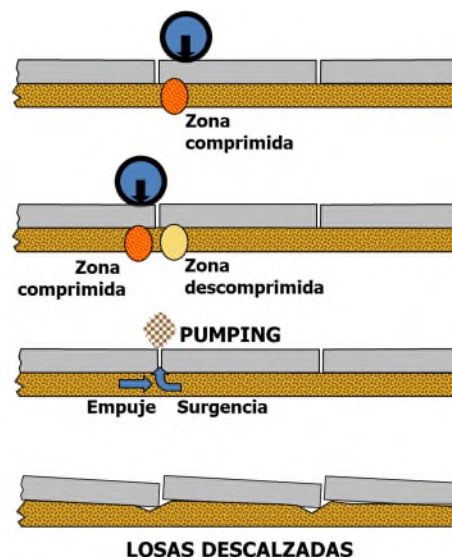
Aparte de las tensiones inducidas por el tráfico, las losas de hormigón están sometidas a las variaciones diarias de temperatura y humedad entre sus caras superior e inferior. Estos gradientes provocan, en la medida que no son compensados por el propio peso de la losa, un combado de dichas losas bordes arriba (por la noche) o bordes abajo (por el día). Como consecuencia de ello, hay sucesivos cambios en la forma de apoyo de las losas sobre el soporte. Estos efectos de combado (conocidos como "curling" y "warping"), pueden llegar a producir deterioro y fisuración de las losas, incluso sin estar éstas sometidas al tráfico pesado.

---

<sup>1</sup> Secciones 3234, 4124, 4134 y 4234 de la Instrucción 6.1-IC para tráficos T32 y T4.



Una de las patologías más comunes en los pavimentos de hormigón es la del bombeo de finos (conocido también como "pumping"), que se produce en juntas, bordes y fisuras por asentamiento diferencial de las losas. Al paso de las cargas del tráfico pesado, se producen movimientos descendentes de las losas, los cuales, asociado a la entrada de agua por las juntas o fisuras (también en los bordes), podría provocar la erosión de la capa de apoyo del pavimento y, como consecuencia, que las losas queden descalzadas, con el consiguiente asentamiento diferencial e incluso pudiendo llegar a romperse. Esta patología se suele manifestar con subida de finos a la superficie (de ahí su denominación de bombeo de finos o "pumping" en inglés). Este fenómeno se evita, como ya se ha comentado, empleando bases no erosionables (hormigón magro, p.ej.), sellando las juntas para evitar la entrada del agua y asegurando la transferencia de cargas entre losas mediante el empleo en las juntas transversales de pasadores y barras de unión.<sup>2</sup>



Obviamente, aunque no sea un fallo habitual, un inadecuado dimensionamiento de las losas, es decir, un espesor insuficiente para el tráfico real y/o una resistencia del hormigón inadecuada, puede provocar su rotura —la cual suele ser en forma de malla gruesa o en esquina—. El espesor insuficiente de la losa conlleva un gran incremento en las tensiones de tracción en el fondo de la misma y su rápido fallo por fatiga.

Incluso en un firme a priori bien dimensionado, la no consideración de los fenómenos de combado de las losas debido a los gradientes térmicos puede conllevar a un infradimensionamiento. Al producirse problemas de apoyo de las losas —lo cual puede ser fácilmente evitable en fase de proyecto disminuyendo la distancia entre juntas—, las cargas o el peso propio pueden provocar roturas de las losas de diverso tipo, lo que se manifiesta en la aparición de fisuras en la superficie.

Otros deterioros de origen estructural que pueden aparecer en estos firmes son los debidos a los empujes horizontales entre losas producidos por variaciones

<sup>2</sup> Los pasadores son barras de acero liso de 25 mm de diámetro y 50 cm de longitud con un tratamiento especial que permite evitar su adherencia al hormigón para que éste pueda dilatarse y contraerse con libertad. Se disponen a la mitad del espesor de la losa a lo largo de toda la anchura de la junta.

Las barras de atado son barras de acero corrugado de 8mm a 10 mm de diámetro y 80 cm de longitud, cuya misión es mantener unidas las losas a lo largo de una junta longitudinal en la calzada o en el arcén, cuando éste es de hormigón.



térmicas. Se pueden producir desconchados y/o fisuraciones en juntas e, incluso, en los casos más graves, el fenómeno de “cabalgamiento” (levantamiento de las losas por pandeo). Por ello, para minimizar este riesgo de pandeo es fundamental que todas las juntas de construcción (final de día) o de dilatación, queden completamente perpendiculares a la superficie del pavimento.

Otros problemas menores pueden venir provocados por un mal sellado o por la pérdida de este en las juntas, que puede conllevar la entrada de partículas duras en dichas juntas, provocando daños en las mismas, como desportillados.

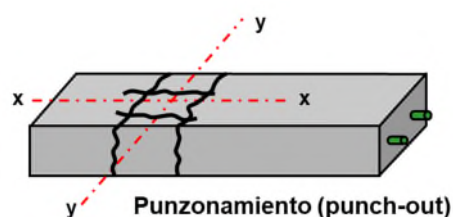
Finalmente, el serrado tardío de las juntas puede provocar también fisuración, tanto transversal como longitudinal, debido a la retracción del hormigón. Este fallo es más frecuente en épocas calurosas o con hormigones de alta resistencia o de fraguado rápido si no se cuidan las condiciones de puesta en obra y el curado.

### 3.1.5. Firmes rígidos de hormigón armado continuo

Los firmes de hormigón armado continuo están constituidos por una armadura longitudinal que se coloca a mitad del espesor de la losa, cuya misión no es estructural, sino la de mantener la losa cosida, propiciando la aparición de fisuras transversales a una distancia de entre 80 cm y 1,2 m, y con una abertura de fisura muy reducida (menor de 0,5 mm), asegurando así una perfecta transferencia de cargas entre sus bordes y un comportamiento estructural adecuado debido al reducido tamaño de las losas formadas, garantizando que el hormigón trabaja como una losa continua en el sentido longitudinal.

La durabilidad de este tipo de firmes es muy elevada, su mayor capacidad estructural, hace que estén indicados para las categorías de tráfico pesado más elevadas. La norma 6.1-IC los prescribe para los tráficos T00 y T0.

El fallo estructural más significativo en este tipo de firme es el punzonamiento (“punchout” en inglés) debido a la aparición de fisuras transversales excesivamente próximas, lo que ocasiona una rotura en bloques pequeños y que suele conllevar el despegue del hormigón y la armadura. También pueden aparecer punzonamientos en forma de “V” asociados a fallos del soporte.



## 3.2. Deterioros superficiales

Los deterioros superficiales son los que afectan directamente a la capa de rodadura del firme que es la responsable de asegurar la seguridad (resistencia al deslizamiento), la comodidad (regularidad, proyecciones, ruido, etc.) y la impermeabilidad (con excepciones, como es el caso de las mezclas drenantes).

Al estar en contacto con los vehículos, las capas de rodadura reciben directamente las cargas verticales y horizontales que estos transmiten, por lo que su capacidad de resistir esos tipos de solicitaciones es fundamental. Asimismo, están también sometidas a todo tipo de agresiones climatológicas (rayos UV, lluvia, nieve, hielo, ...) y químicas (sales fundentes, vertidos de combustibles, polución, ...) que, en algunos casos, pueden resultar muy relevantes de cara a su posible deterioro.

A continuación, se indican los principales deterioros que pueden aparecer en función del tipo de material que componga la capa de rodadura.

### 3.2.1. Mezclas bituminosas

Si el material que forma parte de la capa de rodadura es una mezcla bituminosa, uno de los deterioros más frecuente es la aparición de deformaciones plásticas si éstas no han sido bien diseñadas (tipo de ligante, contenido de ligante y huecos, relación polvo mineral/ligante, empleo de áridos redondeados, ...) o no se ha realizado una correcta puesta en obra (defectos de compactación).

Además, la acumulación de tensiones procedentes de un tráfico pesado intenso y canalizado, agravada por temperaturas elevadas, puede aumentar la aparición de estas deformaciones.

Se forman así roderas, arrollamientos y desplazamientos horizontales de la mezcla, tanto en sentido longitudinal como transversal.

Es frecuente también la aparición de exudaciones en la superficie. Este defecto también puede deberse a una dotación excesiva localizada del riego de adherencia.

Otra posible causa de aparición de deterioros es el despegue de la rodadura de su soporte (capa intermedia). Esto puede dar lugar a problemas de fisuración por fatiga a flexo-tracción y, también, a fisuraciones con forma curva, normalmente de tipo parabólico, por desplazamiento horizontal de la rodadura bajo solicitaciones horizontales de frenado o aceleración.

Una mala adhesividad árido-ligante puede dar lugar, también, a problemas superficiales como las descarnaduras por pérdida de mortero, pérdidas de



textura por arrancamiento de áridos gruesos, y en los casos más graves, a peladuras y/o formación de baches por desintegración de la mezcla. Estos problemas pueden verse agravados por defectos de fabricación (por ejemplo, un exceso en la temperatura del ligante) y de puesta en obra, en particular segregaciones térmicas y granulométricas o fallos de compactación.

Finalmente, hay que considerar que el betún es un producto que evoluciona endureciéndose con el paso del tiempo por oxidación. Este proceso unido a las tensiones de fatiga térmica generadas por los gradientes de temperatura día-noche y verano-invierno, produce una microfisuración superficial errática que puede evolucionar a un cuarteo superficial.

### 3.2.1. Tratamientos superficiales

Si la capa de rodadura está ejecutada con tratamientos superficiales mediante riegos con gravillas, la mayor parte de los deterioros derivan de defectos en el diseño (mala dosificación, problemas de calidad de los materiales, mala adhesividad, ...) o una incorrecta puesta en obra (dotaciones inadecuadas, apertura prematura al tráfico, ...), que se pueden ver a su vez agravados por los esfuerzos tangenciales del tráfico y una climatología adversa.

Casi siempre el resultado es el arrancamiento de gravillas de forma localizada o generalizada.

Al igual que en el caso de las mezclas bituminosas, un exceso de ligante o un ligante excesivamente blando también pueden provocar la aparición de exudaciones.

En los tratamientos superficiales realizados con microaglomerados en frío, también un mal diseño de la fórmula de trabajo o una mala ejecución pueden dar lugar a defectos superficiales. Los más comunes son las peladuras, que pueden estar provocadas por suciedad del soporte, las exudaciones y brillos, marcas de neumáticos por apertura prematura al tráfico, etc.

### 3.2.2. Hormigón

La mayor parte de los deterioros superficiales en los hormigones se suelen deber a fallos, bien derivados de la fabricación o bien de la puesta en obra. Así, por ejemplo, destacan:

- Coqueras (*popouts* en inglés): presencia de partículas arcillosas o blandas en el hormigón.
- Excesiva exudación de agua en la superficie, propiciando la aparición de zonas débiles (con una excesiva relación a/c), y la aparición de fisuras de retracción plástica (de poca profundidad). Ese debilitamiento



superficial puede derivar en una degradación superficial con el paso del tráfico y del tiempo.

- Desconchados superficiales, descarnaduras o cuarteos superficiales en malla fina debidos a la mala ejecución del curado del hormigón.
- Desprendimiento del árido grueso en el caso de los pavimentos de árido visto, por una exposición excesiva de dicho árido, por un curado deficiente o por la acción de sales fundentes.

#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Catálogo de deterioros. MOPU 1978.
- Catálogo de deterioros en firmes. MOPU. 1989
- Catálogos de Deterioros de Pavimentos Flexibles (M.5.1) y Rígidos (M.5.2). Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica (DIRCAIBEA). 2002.
- Catalogue des Dégradations de Surface des Chaussées. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC). Francia. 1998.
- Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program (DIM). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). EEUU. 2014.
- Patología de los Pavimentos. Monografía 14. Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA). 2017.
- Pliego de Cláusulas Administrativas Generales, contratos de concesión para la conservación y explotación de autovías de primera generación. Anexo número 7. Ministerio de fomento-DGC. 2007.



FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (21 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>

## ANEXO I

# CATÁLOGO DE DETERIOROS DE FIRMES DE CARRETERA



El presente catálogo se ha organizado en forma de fichas de cada uno de los deterioros, organizándose estos en dos bloques según correspondan a firmes asfálticos o a firmes de hormigón.

Para cada ficha se ha especificado:

- Deterioro
- Tipología
- Tipo de vía/ frecuencia
- Descripción
- Medición
- Evaluación (nivel de gravedad)
- Indicador estimativo de condición
- Posibles Causas
- Inspecciones adicionales
- Nota/ Observaciones

La determinación del “nivel de gravedad” y del “indicador estimativo de condición” se incluye en la presente nota con carácter orientativo, con el fin de aportar coherencia a la información expuesta; los valores son recomendaciones y deben ser adaptados a las características específicas de la red de carreteras.

Además, dichos parámetros deberán analizarse y ajustarse en función de las particularidades de cada sistema de gestión de firmes implantado.

**En este sentido, la Dirección General de Carreteras está llevando a cabo la implantación de un Sistema Avanzado de Gestión de Firmes, acorde con la elevada disponibilidad de datos actualmente existente y con las capacidades de procesamiento asociadas. Como consecuencia, se encuentran en revisión y análisis los valores aquí considerados, que se presentan exclusivamente como referencia técnica para los profesionales del sector.**



## 1. DETERIOROS EN FIRMES CON PAVIMENTO BITUMINOSO

### Pérdida de textura superficial

- T.1 Exudación
- T.2 Árido grueso incrustado

### Desintegración de los materiales de la capa de rodadura

- D.1 Descarnadura / peladura
- D.2 Bache

### Agrietamiento (fisuración)

- F.1 Fisura longitudinal
- F.2 Fisura transversal
- F.3 Fisura errática
- F.4 Fisuración en malla
- F.5 Fisura sellada

### Deformaciones superficiales

- DS.1 Rodera
- DS.2 Blandón
- DS.3 Asentamiento
- DS.4 Arrollamiento transversal
- DS.5 Firme Ondulado

### Otros tipos de deterioros

- O.1 Ascensión de finos
- O.2 Manchas de humedad



## 2. DETERIOROS EN FIRMES CON PAVIMENTO DE HORMIGÓN

### Deterioros superficiales

- S.1. Defectos de regularidad superficial
- S.2 Defectos de textura superficial
- S.3. Coqueras (Popouts)
- S.4 Fisuración por retracción plástica
- S.5 Fisuración en mapa
- S.6 Descarnadura / Delaminación
- S.7 Arrancamiento del árido grueso
- S.8 Picaduras

### Deterioros en juntas y bordes

- J.1. Desconchados o desportillados en las juntas
- J.2. Abertura excesiva de las juntas
- J.3. Defectos de sellado
- J.4. Fisuras en las juntas o en sus proximidades

### Deterioros estructurales

- E.1. Fisuración transversal
- E.2. Fisuración longitudinal
- E.3. Roturas de esquina
- E.4. Escalonamiento en juntas y fisuras
- E.5. Pandeo
- E.6. Punzonamiento

### Otros tipos de deterioros

- OH.1 Separación calzada arcén
- OH.2 Asentamiento calzada arcén



## DETERIOROS EN FIRMES CON PAVIMENTO BITUMINOSO

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (25 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (26 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>

## PÉRDIDA DE TEXTURA SUPERFICIAL

---



<b>DETERIORO</b>	<b>T.1 Exudación</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firme asfáltico. Pérdida de textura superficial
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Todas las carreteras / Baja

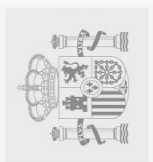
<b>DESCRIPCIÓN</b>
Afloración de ligante o mástico en la superficie de la carretera, con aspecto brillante, negro y sin textura, bien en zonas aisladas o bien coincidiendo sensiblemente con la rodada de los vehículos.



<b>MEDICIÓN</b>
<p>Cuando las exudaciones coincidan con las rodadas de los vehículos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se medirá la longitud de la zona exudada (m), la anchura media en cada rodada (m) y se determinará la relación entre la suma de las anchuras y el ancho del carril.</li> </ul> <p>Cuando se trate de zonas puntuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se inscribirá en un rectángulo del que se medirán sus lados (m) y superficie (m<sup>2</sup>).</li> </ul> <p>Evaluable con equipos de alto rendimiento. Necesita post-proceso y analizar la variación de la macrotextura también.</p>
<b>EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)</b>
<p>Se consideran diferentes niveles de gravedad en función del tipo de exudación (zonas puntuales o zonas de rodada de vehículos) y su afección a las condiciones de rozamiento.</p> <p><b>BAJO:</b> zonas puntuales de superficie &lt; 0,25 m<sup>2</sup> o en rodada cuando la relación de anchura rodada-carril es &lt; 20% y afecta a una longitud &lt; 2 m.</p> <p><b>MEDIO:</b> zonas puntuales de superficie entre 0,25 y 0,75 m<sup>2</sup> o en rodada cuando la relación de anchura rodada-carril se sitúa entre el 20 % y el 50% y afecta a una longitud comprendida entre 2 y 4 metros.</p> <p><b>ALTO:</b> zonas puntuales de superficie &gt; 0,75 m<sup>2</sup> o en rodada cuando la relación de anchura rodada-carril es &gt;50% afectando a ambas rodadas, y su longitud es superior a 4 metros.</p>
<b>INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN</b>
Se cuantificará la longitud de carril con este deterioro, en metros.



<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mal diseño de la mezcla bituminosa: exceso de ligante, falta de huecos, uso de betún no adecuado a la zona térmica.</li> <li>- Contaminación por una excesiva cantidad de riego de adherencia.</li> <li>- Tráfico pesado e intenso canalizado</li> <li>- Mala puesta en obra</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Localizado el deterioro, es necesario realizar una inspección visual, para comprobar el estado de la capa de rodadura, la existencia de otros deterioros asociados (fisuración, disgregación, etc.) y la posibilidad de eliminación del ligante.</li> </ul>



<b>DETERIORO</b>	<b>T.2 Árido grueso incrustado</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firme asfáltico. Pérdida de textura superficial
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Todas las carreteras / Baja

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Capas de rodadura en las que la mezcla bituminosa presenta pérdida de textura superficial bajo la acción del tráfico por incrustación del árido grueso en el mortero de la mezcla bituminosa.



<b>MEDICIÓN</b>
Se inscribirá el deterioro en un rectángulo del que se medirán sus lados (m) y superficie (m <sup>2</sup> ). Puede evaluarse con equipos de alto rendimiento a través de la medición de la macrotextura y mediante su análisis.
<b>EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)</b>
Se consideran diferentes niveles de gravedad en función de la superficie afectada. <b>BAJO:</b> superficie < 1 m <sup>2</sup> <b>MEDIO:</b> superficie entre 1 y 5 m <sup>2</sup> <b>ALTO:</b> superficie > 5 m <sup>2</sup>
<b>INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN</b>
Se cuantificará la longitud de carril con este deterioro, en metros.

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mal diseño de la mezcla bituminosa: exceso de ligante, falta de huecos, uso de betún no adecuado a la zona térmica.</li> <li>- Tráfico pesado intenso y canalizado.</li> <li>- Soporte blando en el caso de los tratamientos superficiales.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medición de la textura en las zonas afectadas.</li> <li>- Incidencia sobre el coeficiente de rozamiento transversal.</li> </ul>



FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (30 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>

## DESINTEGRACIÓN DE LOS MATERIALES DE LA CAPA DE RODADURA

---



<b>DETERIORO</b>	<b>D.1 Descarnadura / Peladura</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firme asfáltico. Desintegración de los materiales de la capa de rodadura
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Todas las carreteras / Media baja

**DESCRIPCIÓN**

Superficie en la que se ha producido la pérdida de árido de la capa de rodadura. Puede producirse tanto en materiales colocados en caliente, como en frío. En este último caso, este deterioro se conoce como peladura.

**MEDICIÓN**

Se inscribirá la descarnadura en un rectángulo del que se medirán sus lados (m) y superficie (m<sup>2</sup>).

Evaluable con equipos de alto rendimiento.

*Nota:* Puede confundirse con un bache de escasa de profundidad en su etapa inicial.

**EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)**

Se consideran diferentes niveles de gravedad del deterioro en función de la superficie afectada.

**BAJO:** superficie < 0,5 m<sup>2</sup>

**MEDIO:** superficie entre 0,5 y 1,5 m<sup>2</sup>

**ALTO:** superficie > 1,5 m<sup>2</sup>



**INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN**

Se utilizará el “**índice de descarnadura**” (ID), que se define como el porcentaje de área afectada respecto al área total de 100 metros de carril. En base a este índice se pueden definir diferentes situaciones.

ID	Condición
= 0	Óptimo. Rodadura sin deterioros
$0 < y \leq 1$	Aparición de descarnadura
$1 < y \leq 7$	Descarnadura en evolución
> 7	Proceder a reparación

**POSIBLES CAUSAS**

- Falta de adhesividad entre los áridos y el ligante.
- Mezcla mal diseñada/ejecutada.
- Falta de compactación.
- Mala preparación del soporte en el caso de técnicas en frío (microaglomerados).

**INSPECCIONES ADICIONALES**

- Toma de muestras para determinar el origen del fallo.

**NOTA**

Un índice de 1 indica que hay una superficie de peladura de 1% de 350 m<sup>2</sup> correspondientes a un hectómetro de carril, esto es 3,5 m<sup>2</sup> o, lo que es lo mismo, 7 m de rodada con una peladura de 50 cm de ancho.

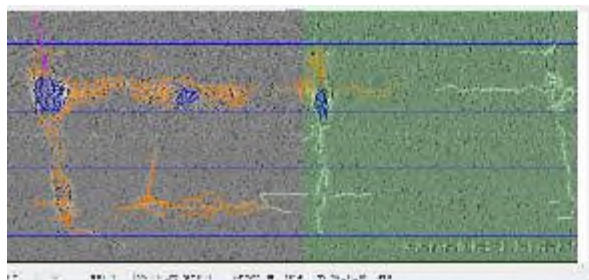


<b>DETERIORO</b>	<b>D.2 Bache</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firme asfáltico. Desintegración de los materiales de la capa de rodadura
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Todas las carreteras / Baja

**DESCRIPCIÓN**  
Cavidad producida en el firme de forma irregular y diferentes tamaños por pérdida y desintegración de sus capas como consecuencia de la acción del tráfico y el agua.



**MEDICIÓN**  
Se inscribirá en un rectángulo del que se medirán sus lados (m) y superficie (m<sup>2</sup>). Se medirá también su profundidad (mm).  
Evaluable con equipos de alto rendimiento.



FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (33 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F72EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



**EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)**

Se consideran diferentes niveles de gravedad del deterioro en función de la superficie y profundidad del bache.

**BAJO:** superficie < 0,03 m<sup>2</sup> y/o profundidad < 20 mm

**MEDIO:** superficie entre 0,03 y 0,05 m<sup>2</sup> y/o profundidad entre 20 y 40 mm

**ALTO:** superficie > 0,05 m<sup>2</sup> y/o profundidad > 40 mm

**INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN**

Se utilizará el "**índice de baches**" (**IB**), que se define como el porcentaje de área afectada respecto al área total de 100 metros de carril. En base a este índice se pueden definir diferentes situaciones.

IB	Condición
= 0	Óptimo. Sin baches
$0 < y \leq 0,03$	Aparición de primeros baches
$0,03 < y \leq 0,06$	Evolución del bacheado, debe inspeccionarse visualmente
> 0,06	Proceder a reparación

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evolución de otros deterioros con desintegración y pérdida de los materiales del firme.</li> <li>- Mezcla bituminosa mal diseñada/ejecutada.</li> <li>- Imperfecciones locales</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección visual detallada.</li> <li>- Identificación de posibles causas.</li> <li>- Evaluación capacidad estructural.</li> </ul>

**NOTA**

Un índice de 0,03 indica que hay una superficie de baches de 0,03 % de 350 m<sup>2</sup> correspondientes a un hectómetro de carril, esto es 0,105 m<sup>2</sup> o, lo que es lo mismo, 2 baches de 22 cm x 22 cm por hectómetro.

El valor del indicador variará en función del tamaño y número de baches que se considere admisible en cada caso. Un bache de 70 cm x 70 cm tiene una superficie de 0,49 m<sup>2</sup>.

*En cualquier caso, debido a la gravedad de este deterioro, no deberían encontrarse baches y, de aparecer, habría que repararlos lo antes posible para evitar su progresión.*



FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (35 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>

## AGRIETAMIENTO (FISURACIÓN)

---



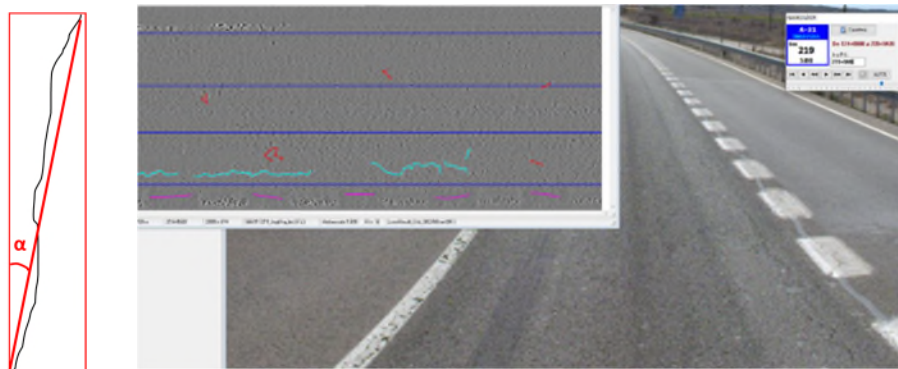
<b>DETERIORO</b>	<b>F.1 Fisura longitudinal</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firme asfáltico. Agrietamiento (fisuración)
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Todas las carreteras / Frecuente

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Línea de rotura simple sensiblemente paralela al eje del carril, que puede aparecer en cualquier parte de éste.



**MEDICIÓN**

Se medirá la abertura media de fisura (mm) y su longitud (m).  
Evaluable con equipos de alto rendimiento.  
Para considerarse que la fisura es del tipo longitudinal no debe presentar una desviación con relación el eje del carril superior a  $\pm 22,5^\circ$ . Para ello, se inscribirá la fisura en un rectángulo y se determinará el ángulo que forma con el eje del carril.



**EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)**

Se consideran diferentes niveles de gravedad en función de la abertura media de la fisura.

- BAJO:** abertura media de fisura  $\leq 5$  mm
- MEDIO:** abertura media de fisura  $> 5$  mm y  $\leq 10$  mm
- ALTO:** abertura media de fisura  $> 10$  mm

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (36 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



**INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN**

Se utilizará el "índice de fisuración longitudinal" ( $IF_L$ ) del carril, que representa la longitud total de fisuras longitudinales en el carril por metro lineal, calculado en tramos de 100 m. En base al  $IF_L$  se pueden definir las siguientes situaciones:

$IF_L$	Condición
= 0	Óptimo. Sin fisuras
$0 < y \leq 0,3$	Aparición de primeras fisuras
$0,3 < y \leq 0,6$	Aumento de la longitud y presencia de las fisuras
$0,6 < y \leq 1$	Desarrollo de la fisuración
> 1	Fisuración generalizada

**POSIBLES CAUSAS****En función de la ubicación:**

- Separación de carriles, eje o borde de calzada: defecto de construcción o reflejo de la junta de capas inferiores, entre otros.
- Rodada: Fatiga del firme, o envejecimiento entre otros.

**En función del tipo de firme**

- Semirrígido: reflejo de juntas, fisuración de capas tratadas con conglomerantes hidráulicos o asientos de terraplén, entre otros.
- Semiflexible o flexible: Fatiga del firme, envejecimiento o asientos de terraplén, entre otros.

**INSPECCIONES ADICIONALES**

- Toma de muestras para comprobar si es una fisuración ascendente o descendente.
- Evaluación de la capacidad estructural.



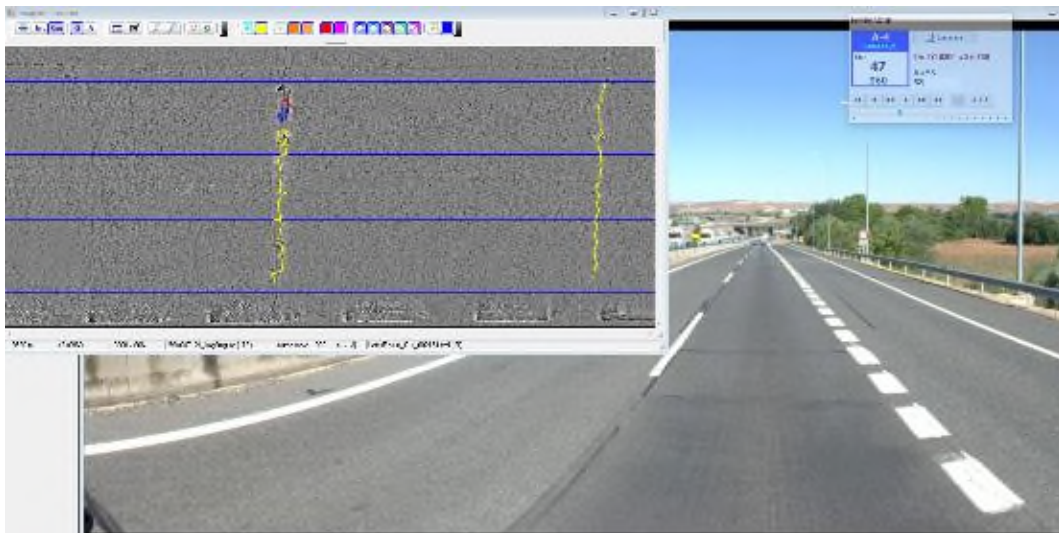
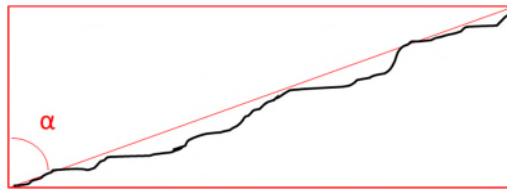
<b>DETERIORO</b>	<b>F.2 Fisura transversal</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firme asfáltico. Agrietamiento (fisuración)
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Todas las carreteras / Frecuente

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Línea de rotura simple sensiblemente perpendicular al eje del carril, que puede aparecer en cualquier parte de éste.



**MEDICIÓN**

Se medirá la apertura media de fisura (mm) y su longitud (m).  
Evaluable con equipos de alto rendimiento.  
Para considerarse que la fisura es del tipo transversal no debe presentar una desviación con relación el eje del carril superior a  $90 \pm 22,5^\circ$ . Para ello, se inscribirá la fisura en un rectángulo y se determinará el ángulo que forma con el eje del carril.



FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (38 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en https://sede.transportes.gob.es



**EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)**

Se consideran diferentes niveles de gravedad en función de la abertura media de la fisura.

**BAJO:** abertura media de fisura  $\leq 5$  mm

**MEDIO:** abertura media de fisura  $> 5$  mm y  $\leq 10$  mm

**ALTO:** abertura media de fisura  $> 10$  mm

**INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN**

Se utilizará el “**índice de fisuración transversal**” (**IF<sub>T</sub>**) del carril, que representa la longitud total de fisuras transversales en el carril por metro lineal, calculado en tramos de 100 m. En base al IF<sub>T</sub> se pueden definir las siguientes situaciones:

IF <sub>T</sub>	Condición
= 0	Óptimo. Sin fisuras
$0 < y \leq 0,3$	Aparición de primeras fisuras
$0,3 < y \leq 0,6$	Aumento de la longitud y presencia de las fisuras
$0,6 < y \leq 1$	Desarrollo de la fisuración
$> 1$	Fisuración generalizada

**POSIBLES CAUSAS**

- Retracción térmica de la capa de rodadura.
- Reflexión de fisuras existentes en capas subyacentes tratadas con cemento (juntas, grietas de retracción, roturas, etc.).
- Mala ejecución de juntas transversales.

**INSPECCIONES ADICIONALES**

- Toma de muestras para comprobar si es una fisuración ascendente o descendente.
- Evaluación de la capacidad estructural, en especial la capacidad de transferencia entre juntas en el caso de firmes semirrígidos.



<b>DETERIORO</b>	<b>F.3 Fisura errática</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firme asfáltico. Agrietamiento (fisuración)
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Todas las carreteras / Frecuente

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Línea de rotura simple que no puede calificarse como fisura longitudinal o transversal, que puede aparecer en cualquier parte del firme.



<b>MEDICIÓN</b>
Se medirá la abertura media de fisura (mm) y su longitud (m). Evaluable con equipos de alto rendimiento.



<b>EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)</b>
Se consideran diferentes niveles de gravedad en función de la abertura media de la fisura.
<b>BAJO:</b> abertura media de fisura $\leq 5$ mm
<b>MEDIO:</b> abertura media de fisura $> 5$ mm y $\leq 10$ mm
<b>ALTO:</b> abertura media de fisura $> 10$ mm

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (40 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F72EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



**INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN**

La fisura errática es una fisura de transición que termina integrándose en una fisuración en malla. No se evalúa como tal de forma individualizada sino en conjunto con el resto de fisuras longitudinales y transversales en un **índice de fisuración total (IF<sub>TOTAL</sub>)** que evalúa la longitud de todas las fisuras existentes en el carril por metro lineal, calculado en tramos de 100 m.

IF <sub>TOTAL</sub>	Condición
= 0	Óptimo. Sin fisuras
$0 < y \leq 0,5$	Aparición de primeras fisuras
$0,5 < y \leq 1$	Comienzo del desarrollo de la fisuración incipiente
$1 < y \leq 2$	Desarrollo de la fisuración existente
$2 < y \leq 5$	Fisuración más extendida y posibles zonas con fisuras significativas
> 5	Fisuración generalizada y posible gran concentración de fisuras

**POSIBLES CAUSAS**

- Puesta en obra defectuosa de la base.
- Terraplenes con taludes inestables.
- Acción del hielo.
- Envejecimiento del ligante.
- Fatiga térmica.

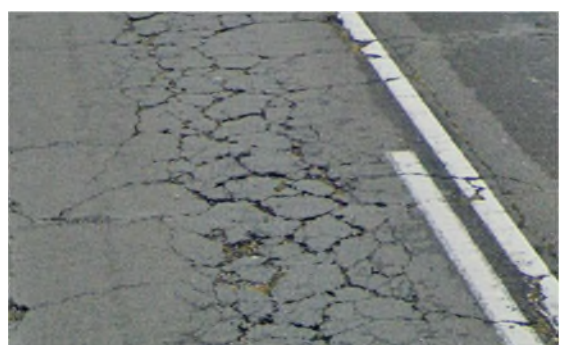
**INSPECCIONES ADICIONALES**

- Evaluación estructural.
- Toma de muestras para verificar el nivel de adherencia entre capas.



<b>DETERIORO</b>	<b>F.4 Fisuración en malla</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firme asfáltico. Agrietamiento (fisuración)
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Todas las carreteras / Medio

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Conjunto de fisuras interconectadas que llegan a formar una malla. Pueden ser en malla gruesa o en malla fina. Suelen aparecer en la zona de rodada. En el caso de caso de malla fina, coloquialmente se hace referencia a ellas como cuarteo o piel de cocodrilo.



<b>MEDICIÓN</b>
<p>Evaluable con equipos de alto rendimiento.</p> <p>Para determinar la extensión de una fisuración en malla se utiliza el concepto de densidad. Para ello se delimita el rectángulo que engloba la zona fisurada. Una vez definido el rectángulo, se calcula su densidad, en <math>m/m^2</math>, dividiendo la longitud total de la fisura en malla entre el área del rectángulo que ocupa.</p> <p>En inspecciones visuales se indicará la longitud de los lados del rectángulo (m) de la zona con fisuración en malla, su superficie (<math>m^2</math>) y su calificación: desarrollo bajo, medio o alto.</p>


FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (42 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



**EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)**

La fisuración en malla se clasifica en función de su desarrollo.

**BAJO:** aparición de fisuras longitudinales y/o transversales aisladas con una mínima interconexión entre ellas. Su densidad no supera los 2 m/m<sup>2</sup>.

**MEDIO:** incremento tanto del número como de la longitud de las fisuras y aumento de la interconexión entre ellas. La densidad de fisuras se encuentra entre 2 m/m<sup>2</sup> y 4 m/m<sup>2</sup>.

**ALTO:** red o patrón de fisuras con una evolución tal que el nivel de deterioro es elevado, dividiendo el pavimento en numerosos fragmentos ben definidos. Su densidad de fisuración es superior a 4 m/m<sup>2</sup>.

**INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN**

Se utilizará el "índice de fisuración en malla" (IF<sub>M</sub>), que representa la longitud total de las fisuras en malla que hay en la rodada (interior o exterior) por metro lineal, calculado en tramos de 100 m. En base al IF<sub>M</sub> se pueden definir las siguientes situaciones:

IFM	Condición
= 0	Óptimo. Sin fisuras
0 < y ≤ 0,5	Aparición de primeras fisuras en malla
0,5 < y ≤ 1	Aumento de la interconexión entre fisuras en malla
1 < y ≤ 2	Desarrollo de la fisuración en malla
> 2	Fisuración en malla generalizada y posible concentración en zonas fatigadas

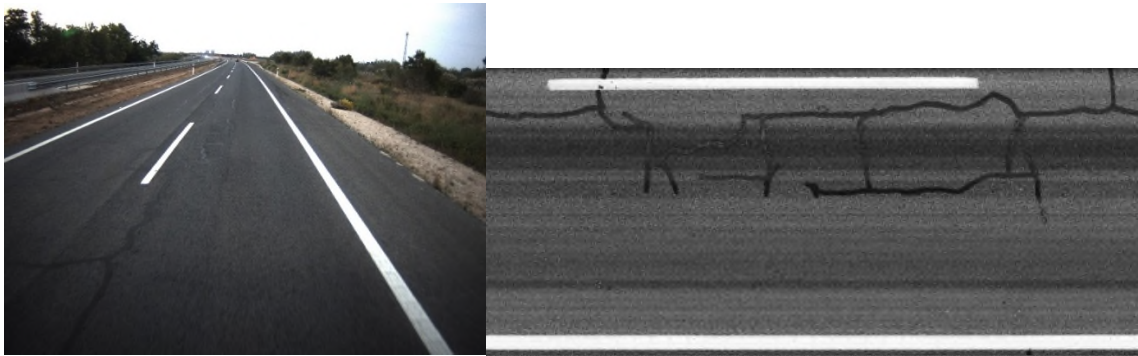
<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de espesor.</li> <li>- Fatiga del firme.</li> <li>- Falta de capacidad portante del firme.</li> <li>- Envejecimiento del firme.</li> <li>- Falta de adherencia entre capas.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medición de deflexiones para determinar qué capa o capas del firme están fatigadas.</li> <li>- Toma de muestras para comprobación de nivel de adherencia entre capas en zona entre fisuras. En firmes semirrígidos se tomarán también muestras de la capa tratada para comprobar su integridad y nivel de resistencia.</li> <li>- Calicatas para la comprobación del estado de las capas que conforman el firme.</li> </ul>



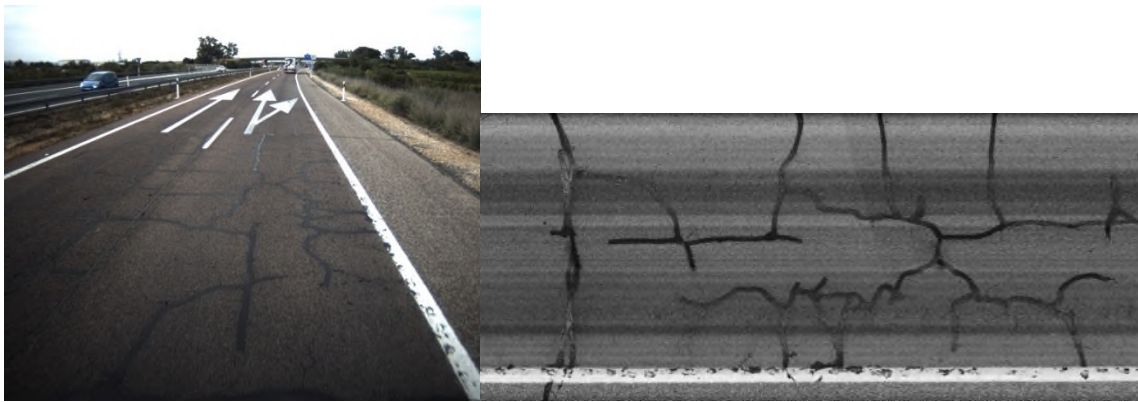
<b>DETERIORO</b>	<b>F.5 Fisura sellada</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firme asfáltico. Agrietamiento (fisuración)
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Todas las carreteras / Medio

DESCRIPCIÓN
Línea de rotura simple sellada con un mástico asfáltico para evitar la entrada de agua hacia las capas inferiores del firme y evitar la degradación de sus bordes por la acción del tráfico.

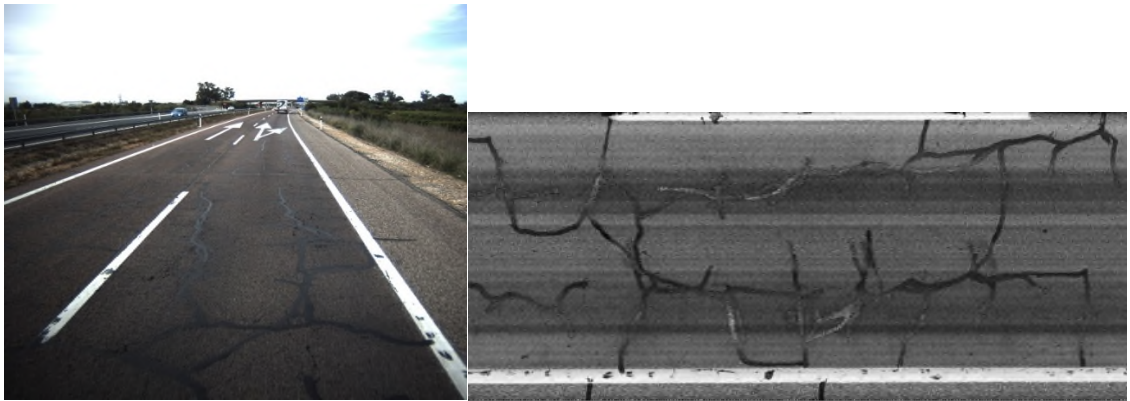
Zona de fisuras selladas Tipo 1:



Zona de fisuras selladas Tipo 2:



Zona de fisuras selladas Tipo 3:



FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (44 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



**MEDICIÓN**

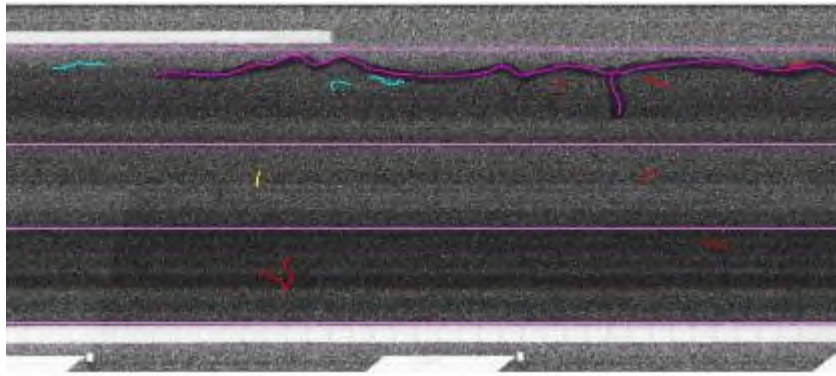
Evaluable con equipos de alto rendimiento. Requiere post-proceso.

Se considerarán fisuras selladas todas aquellas fisuras que se observen tratadas y reparadas, independientemente de su orientación.

Para facilitar su clasificación se consideran dos casos:

- Fisuras selladas: se considerarán todas aquellas que aparezcan de manera individual, estén situadas dentro del carril y que no se crucen con dos o más fisuras selladas. Se medirá la longitud de la fisuración de este tipo en metros.
- Zona de fisuras selladas: se considerará zona de fisuras selladas todas aquellas en las que se crucen entre sí 3 o más fisuras. Por tramos de 10 m de longitud se estimará su clasificación en función de la **longitud L de sellado** y se le asignará un valor, con el fin de reducir el número de horas de proceso en gabinete.

L	TIPO	Longitud
$L < 20$ m	1	15 m
$20 \leq L < 30$ m	2	25 m
$L > 30$ m	3	35 m

**EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)**

Para conocimiento del estado de la vía se proporcionará una relación de tramos de carril de 100 m con existencia de fisuras selladas, indicando la longitud de fisuras selladas (m) en cada tramo.

La importancia de esta información radica en que, por razones económicas y de seguridad, la longitud de sellado debe limitarse y reemplazarse por tratamientos continuos de impermeabilización, ya que en la zona sellada se reduce el valor del CRT y puede dar lugar a la aparición de zonas deslizantes.

En el caso de procederse al extendido de un tratamiento de impermeabilización (por ejemplo, un microaglomerado en frío) debe evaluarse la necesidad de eliminar previamente el sellado existente —al menos superficialmente— para lo cual pueden emplearse, entre otras, técnicas de hidrodesebaste.



FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (46 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>

## DEFORMACIONES SUPERFICIALES

---

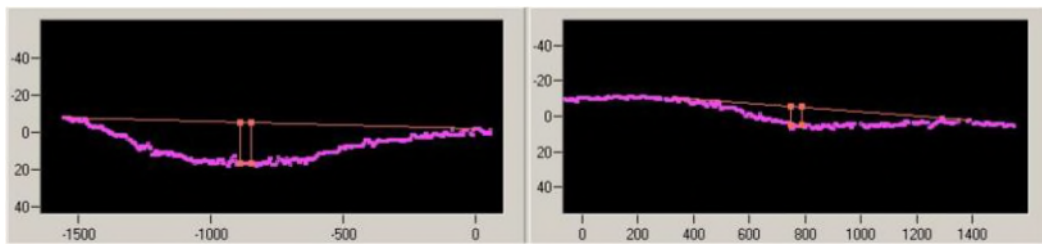


<b>DETERIORO</b>	<b>DS.1 Rodera</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firme asfáltico. Deformaciones superficiales
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Todas las carreteras / Baja

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Deformación plástica de las mezclas bituminosas; se produce una deformación longitudinal continua a lo largo de las rodadas, con pérdida del perfil transversal de la sección. En situaciones extremas puede ir acompañada de cordones laterales por fluencia del material de pavimento.



<b>MEDICIÓN</b>
Se medirá la longitud (m) de carril afectado con indicación de la rodada en la que se presenta (interior, exterior o ambas), así como su profundidad máxima (mm). Evaluable con equipos de alto rendimiento mediante la determinación de la desviación máxima con relación al perfil teórico (DPT).



<b>EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)</b>
Se consideran diferentes niveles de gravedad en función de la profundidad. <b>BAJO:</b> profundidad $\leq 10$ mm <b>MEDIO:</b> profundidad $> 10$ mm y $\leq 20$ mm <b>ALTO:</b> profundidad $> 20$ mm

<b>INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN</b>
Se cuantificará la longitud de carril con este deterioro, en metros.

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (47 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mezclas bituminosas con insuficiente resistencia a las deformaciones plásticas.</li> <li>- Dosificación incorrecta de la mezcla.</li> <li>- Tráfico pesado lento y canalizado.</li> <li>- Temperaturas elevadas.</li> <li>- Compactación insuficiente.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobar posible acumulación de agua en periodos de lluvia.</li> </ul>

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (48 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



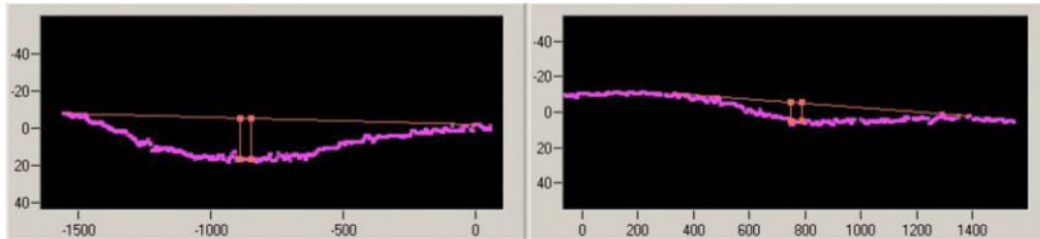
<b>DETERIORO</b>	<b>DS.2 Blandón</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firme asfáltico. Deformaciones superficiales
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Todas las carreteras / Media

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Asentamiento localizado en la superficie de la calzada, en forma de hundimiento, que puede llegar a producir la rotura del firme. Puede presentar ascenso de finos.



**MEDICIÓN**

Se inscribirá el blandón en un rectángulo del que se medirán sus lados (m), superficie (m<sup>2</sup>) y profundidad máxima (mm).  
Evaluable con equipos de alto rendimiento mediante la determinación de la desviación máxima con relación al perfil teórico (DPT) y del Índice de Regularidad Internacional (IRI).



**EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)**

Se consideran diferentes niveles de gravedad en función de la superficie del blandón y de la profundidad máxima.

- BAJO:** superficie < 0,5 m<sup>2</sup> y/o profundidad máxima < 10 mm
- MEDIO:** superficie entre 0,5 y 1 m<sup>2</sup> y/o profundidad entre 10 y 30 mm
- ALTO:** superficie > 1 m<sup>2</sup> y/o profundidad > 30 mm

**INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN**

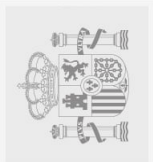
Se cuantificará la longitud de carril con este deterioro, en metros.

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (49 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en https://sede.transportes.gob.es



<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de la capacidad portante de las capas inferiores por mala construcción (falta de compactación, exceso de agua) o por uso de materiales no adecuados.</li> <li>- Ausencia o fallo del drenaje profundo o del drenaje de firme.</li> <li>- Rotura de canalizaciones, o entrada de agua por una vía no prevista, a las capas inferiores.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección visual para determinar las causas posibles.</li> <li>- Comprobar posible acumulación de agua en periodos de lluvia.</li> </ul>

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (50 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



<b>DETERIORO</b>	<b>DS.3 Asentamiento</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firme asfáltico. Deformaciones superficiales
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Todas las carreteras / Media

**DESCRIPCIÓN**

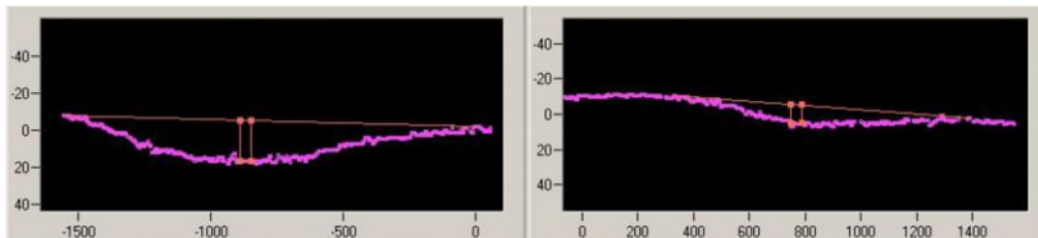
Alteraciones de nivel con respecto al perfil teórico del firme, tanto en sentido transversal como longitudinal, que pueden dar lugar a desniveles importantes y bruscos.

**MEDICIÓN**

Se medirá su longitud (m) y profundidad máxima (mm).

Evaluable con equipos de alto rendimiento.

Los perfilómetros evalúan tanto el perfil longitudinal como transversal del carril, lo que permite determinar la desviación máxima con relación al perfil teórico (DPT) y detectar la existencia de este tipo de irregularidades. La figura representa cómo se puede obtener la DPT Transversal de cada mitad de carril (unidades en mm) en base al método descrito en el Anexo A de la norma UNE EN 13036-8. Así mismo, la UNE EN 13036-5 el cálculo del Índice de regularidad internacional (IRI).

**EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)**

Se consideran diferentes niveles de gravedad en función de la profundidad máxima.

**BAJO:** profundidad  $\leq 10$  mm

**MEDIO:** profundidad entre 10 y 20 mm

**ALTO:** profundidad  $> 20$  mm

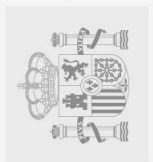
**INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN**

Se cuantificará la longitud de carril con este deterioro, en metros.



<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Degradación localizada de capas inferiores que puede deberse a un drenaje insuficiente.</li> <li>- Construcción localmente defectuosa.</li> <li>- Fallos localizados en terraplenes.</li> <li>- Mal funcionamiento de las transiciones con las obras de fábrica.</li> <li>- Asentamiento de rellenos localizados en la entrada y salida de puentes y pasos elevados.</li> <li>- Fallos del terreno natural.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección visual de la zona y sus condiciones.</li> <li>- Comprobar posible acumulación de agua en periodos de lluvia.</li> </ul>

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (52 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



<b>DETERIORO</b>	<b>DS.4 Arrollamiento transversal</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firme asfáltico. Deformaciones superficiales
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Todas las carreteras / Excepcional

DESCRIPCIÓN
Desplazamiento del material en la superficie de rodadura creando protuberancias prolongadas en sentido perpendicular al tráfico. Fenómeno muy excepcional en carreteras debido al flujo continuo del tráfico. Puede darse en travesías urbanas en las que concurren diversas circunstancias, como mezclas con alto contenido de ligante, elevadas temperaturas, paso frecuente de vehículos pesados, zonas en las que sea habitual la parada y arranque de vehículos, etc.



MEDICIÓN
Se medirá la longitud del arrollamiento (m). También se medirá la anchura (mm) y altura máximas (mm). Evaluable con equipos de alto rendimiento utilizando sistemas de reconstrucción 3D mediante el análisis de perfiles longitudinales y transversales. Posible detección también mediante la medición del IRI.
EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)
Se consideran diferentes niveles de gravedad en función de la altura máxima del arrollamiento. <b>BAJO:</b> altura ≤ 15 mm <b>MEDIO:</b> altura entre 15 y 30 mm <b>ALTO:</b> altura > 30 mm
INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN
Se cuantificará la longitud de carril con este deterioro, en metros.

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de adherencia entre capas bituminosas.</li> <li>- Fuerzas tangenciales debidas a frenazos y a aceleraciones de los vehículos.</li> <li>- Poca estabilidad de las mezclas bituminosas.</li> <li>- Juntas de trabajo.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección visual de la zona y sus condiciones.</li> <li>- Comprobación del estado de las capas que conforman el firme.</li> </ul>



<b>DETERIORO</b>	<b>DS.5 Firme ondulado</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firme asfáltico. Deformaciones superficiales
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Todas las carreteras / Excepcional

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Ondulaciones regulares y próximas en la superficie de rodadura en sentido transversal al eje del carril. La longitud de onda de las ondulaciones puede ser de centímetros o de algunos metros.



<b>MEDICIÓN</b>
Se medirá su longitud del tramo afectado (m), la distancia entre dos puntos consecutivos de máxima altura de la ondulación (m) y la profundidad máxima de la ondulación (mm). Evaluable con equipos de alto rendimiento utilizando sistemas de reconstrucción 3D mediante el análisis de perfiles longitudinales y transversales. Posible detección también mediante la medición del IRI.
<b>EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)</b>
Se consideran diferentes niveles de gravedad en función de la profundidad de la ondulación. <b>BAJO:</b> profundidad $\leq$ 10 mm <b>MEDIO:</b> profundidad entre 10 y 20 mm <b>ALTO:</b> profundidad $>$ 20 mm
<b>INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN</b>
Se cuantificará la longitud de carril con este deterioro, en metros.

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deformación diferencial del suelo en profundidad.</li> <li>- Zonas sometidas a fuerzas tangenciales importantes en sentido longitudinal.</li> <li>- Poca estabilidad de las mezclas bituminosas.</li> <li>- Mala calidad y puesta en obra de la capa de rodadura.</li> <li>- Mala ejecución del riego de adherencia</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección visual de la zona y sus condiciones.</li> <li>- Comprobación del estado de las capas que conforman el firme.</li> </ul>



FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (55 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>

## OTROS TIPOS DE DETERIOROS

---



<b>DETERIORO</b>	<b>O.1 Ascenso de finos</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firme asfáltico. Otros tipos de deterioros
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Todas las carreteras / Baja

**DESCRIPCIÓN**

Señales blanquecinas en la superficie de la carretera.

Aparecen en firmes con capas de materiales tratados con cemento (suelocemento y gravacemento). Las manchas se producen por la ascensión de finos procedentes de las capas inferiores a éstas, después de periodos de lluvia o por desintegración de las capas intermedias.

Por lo general, este deterioro está asociado a la existencia de fisuración transversal, en malla y formación de baches.

**MEDICIÓN**

Como ya se ha indicado, este fenómeno está asociado a otro deterioro de rotura que ya está siendo medido, por lo que en estos casos suele ser suficiente añadir a la medición las siglas **AF** indicativas de la ascensión de finos.

Evaluable con equipos de alto rendimiento. En ocasiones requiere post-proceso.

**EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)**

La aparición de finos en superficie es, en sí misma, un índice de la gravedad del problema existente —el agotamiento de la capa de material tratado— que sólo puede ir aumentando en extensión.

Se consideran diferentes niveles de gravedad en función del número de puntos en los que se detecta este deterioro en el carril en tramos de 100 m.

**BAJO:** número de puntos con ascensión de finos < 4.

**MEDIO:** número de puntos con ascensión de finos entre 4 y 10.

**ALTO:** número de puntos con ascensión de finos > 10

Nota: al contar el número de puntos en los que se produce ascensión de finos hay que evitar confundirlo con huellas dejadas por el paso del tráfico.

**INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN**

Se cuantificará la longitud de carril con este deterioro, en metros.



<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de la capa de material tratado por espesor, resistencia y/o compacidad insuficientes.</li> <li>- Entrada de agua a las capas inferiores, favoreciendo el avance de su degradación.</li> <li>- Espesor insuficiente de las capas del firme.</li> <li>- Daños producidos durante la fase de ejecución (tráfico de obra).</li> <li>- Disgregación de capas de mezcla con áridos que generen finos por la mala ejecución de las capas tratadas con cemento.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar el nivel de desarrollo del deterioro para establecer si es un fenómeno incipiente, en desarrollo o final (formación de fisuración en malla, hundimiento o bache).</li> <li>- Evaluación estructural del firme.</li> <li>- Extracción de testigos en zonas próximas para determinar la adherencia entre capas bituminosas y el estado del material tratado.</li> <li>- Apertura de calicatas con el mismo objetivo.</li> </ul>



<b>DETERIORO</b>	<b>O.2 Mancha de humedad</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firme asfáltico. Otros tipos de deterioros
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Todas las carreteras / Baja

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Aparición de zonas húmedas en la superficie de la carretera debidas a la salida de agua a través de grietas o zonas mal compactadas o de mayor porosidad.



<b>MEDICIÓN</b>
Se inscribirá la zona afectada en un rectángulo del que se medirán su longitud (m), anchura (m) y superficie (m <sup>2</sup> ). Evaluable con equipos de alto rendimiento. Puede requerir post-proceso.
<b>EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)</b>
Se consideran diferentes niveles de gravedad en función de la superficie afectada. <b>BAJO:</b> superficie < 1 m <sup>2</sup> <b>MEDIO:</b> superficie entre 1 y 5 m <sup>2</sup> <b>ALTO:</b> superficie > 5 m <sup>2</sup>
<b>INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN</b>
Se cuantificará la longitud de carril con este deterioro, en metros.

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Circulación de agua entre las capas.</li> <li>- Mala compactación.</li> <li>- Fallos en el drenaje.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluación detallada del entorno para determinar la causa posible.</li> </ul>



## DETERIOROS EN FIRMES CON PAVIMENTO DE HORMIGÓN

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (59 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (60 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>

## DETERIOROS SUPERFICIALES

---



<b>DETERIORO</b>	<b>S.1 Defectos de regularidad superficial</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioro superficial
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Baja

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Defectos de la regularidad superficial o pérdida de la misma durante la vida de servicio.



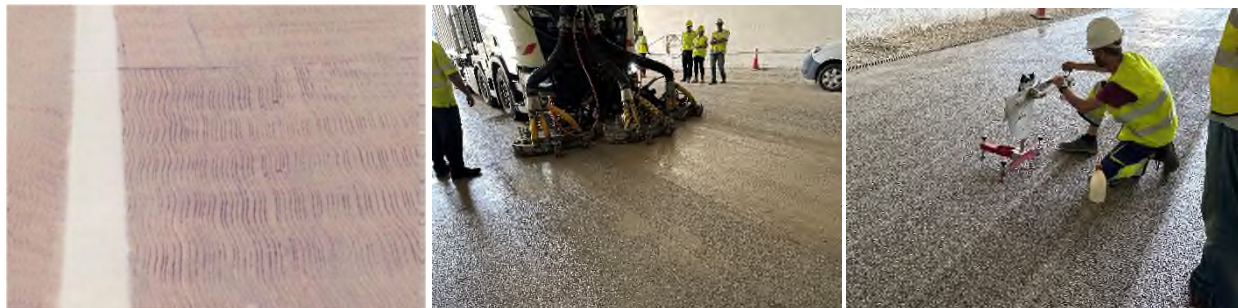
<b>MEDICIÓN</b>
Se debe medir mediante la determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) según la UNE EN 13036-5, cumpliendo los valores exigidos en el PG-3. Evaluable con equipos de alto rendimiento. Si se emplean equipos 3D se puede medir el escalonamiento de losas.
<b>INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN</b>
Se indicará la deformación acumulada con respecto al porcentaje de hectómetros del tramo y el escalonamiento de losas.

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Defectos originados durante la construcción: por falta de uniformidad en la consistencia del hormigón, suministro irregular del hormigón y distribución no uniforme del mismo delante de la extendidora, paradas del equipo de extendido y velocidad no adaptada a la consistencia del hormigón.</li> <li>- Escalonamientos de las losas generados durante la vida del pavimento.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analizar perfiles longitudinales y transversales para diferenciar defectos de ejecución de pérdida de regularidad evolutiva.</li> <li>- Comprobar la existencia de escalonamiento en juntas y fisuras mediante perfilómetro, regla o equipo 3D.</li> <li>- Auscultación con deflectómetro de impacto (FWD) en juntas para evaluar transferencia de carga y posible pérdida de apoyo. Revisar presencia de bombeo de finos, defectos de sellado y drenaje.</li> </ul>



<b>DETERIORO</b>	<b>S.2 Defectos de textura superficial</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioro superficial
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Baja

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Insuficiente textura superficial o pérdida de la misma durante la vida de servicio.



<b>MEDICIÓN</b>
Se debe medir mediante la determinación del Coeficiente de Rozamiento Transversal (CRT), cumpliendo los valores exigidos en el PG-3. Evaluable con equipo SCRIM. Se podrá medir también la profundidad de la macrotextura superficial mediante el ensayo volumétrico (círculo de arena).
<b>INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN</b>
Se cuantificará la longitud de carril con este deterioro, en metros.

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Defectos originados durante la construcción: falta de profundidad de textura (macrotextura). Empleo de áridos inadecuados: en pavimentos estriados falta de arena sílicea en la dosificación del hormigón y en pavimentos de árido visto empleo de un árido grueso pulimentable (no pudiendo obtener la Microtextura adecuada).</li> <li>- Durante la vida de servicio debido al desgaste de la superficie por la acción del tráfico.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medir macrotextura mediante círculo de arena, texturómetro láser o MPD, y contrastar con CRT/SCRIM u otro equipo de rozamiento.</li> <li>- Evaluar si la pérdida de textura se debe a pulimento del árido, desgaste por tráfico, ejecución deficiente de la textura o exceso/defecto de exposición en pavimentos de árido visto.</li> <li>- En deterioros generalizados, tomar muestras o testigos para comprobar el tipo de árido, resistencia al pulimento y profundidad real de la textura.</li> </ul>

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (62 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en https://sede.transportes.gob.es



<b>DETERIORO</b>	<b>S.3 Coqueras ("popouts")</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioro superficial
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Baja

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Cavidades de pequeña dimensión en la superficie del pavimento.



<b>MEDICIÓN</b>
Se debe indicar la existencia de coqueras identificando las losas en las que se producen o el p.k. en el caso de pavimentos de hormigón armado continuo (PHAC). En el caso de que su número sea significativo se debe indicar su número por metro cuadrado. Evaluable con equipos de alto rendimiento.
<b>INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN</b>
Se indicará el número de losas afectadas, o el número de zonas en las que se ha detectado en el caso de PHAC, por cada 100 m de carril.

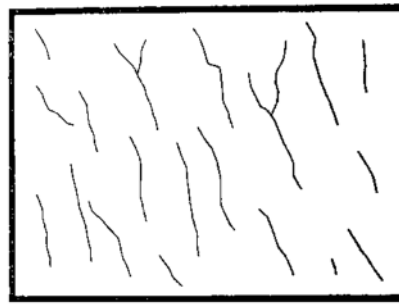
<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presencia de contaminación en los áridos (suciedad, partículas arcillosas).</li> <li>- Áridos susceptibles a la acción de la helada (desintegración).</li> <li>- Debilitamiento de la matriz por existencia de fisuras de retracción plástica combinadas con la acción de la helada.</li> <li>- En zonas fresadas o microfresadas se pueden producir arranques de áridos.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar inspección visual detallada de número, diámetro, profundidad y distribución de las coqueras.</li> <li>- Comprobar presencia de partículas arcillosas, blandas, porosas, reactivas o susceptibles a hielo-deshielo.</li> <li>- Si existen indicios de daño por helada, evaluar el sistema de aire ocluido y la durabilidad del árido.</li> </ul>



<b>DETERIORO</b>	<b>S.4 Fisuración por retracción plástica</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioro superficial
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Muy baja

**DESCRIPCIÓN**

Fisuras poco profundas y de escasa abertura. Se suelen presentar formando un patrón en forma de grupos de fisuras cortas y oblicuas, de forma errática. Se producen en las primeras horas después del hormigonado, debido a una evaporación demasiado rápida del agua de la superficie en condiciones de calor, viento o sequedad excesivas. En el caso de viento excesivo se suelen orientar perpendicularmente a la dirección del mismo. Cuando son muy finas son difíciles de ver a simple vista, pero si se moja la superficie son fácilmente detectables al secarse ésta.

**MEDICIÓN**

Se debe indicar la existencia de fisuración por retracción plástica identificando las losas en las que se producen o el p.k. en el caso de pavimentos de hormigón armado continuo (PHAC), indicando su superficie (m<sup>2</sup>).  
Evaluable con equipos de alto rendimiento.

**INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN**

Se indicará el número de losas afectadas, o el número de zonas en las que se ha detectado en el caso de pavimento de hormigón armado continuo (PHAC), por cada 100 m de carril.



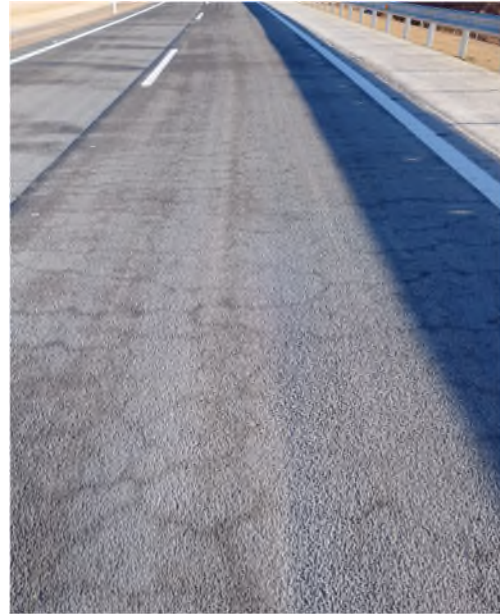
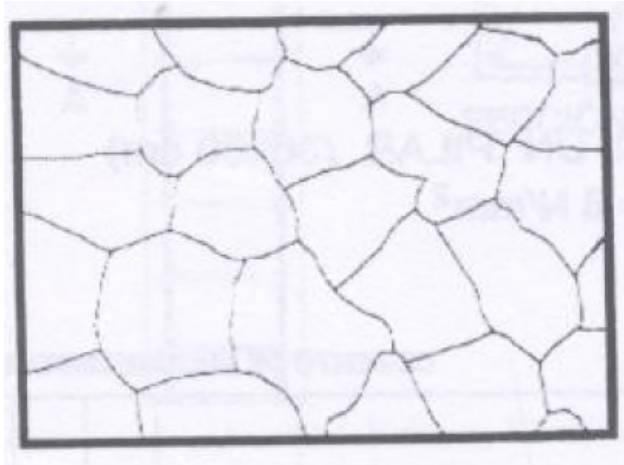
<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicación tardía del producto filmógeno de curado, o a una falta de eficacia de éste.</li> </ul> <p>En el caso de pavimentos de hormigón con textura de árido visto por denudación química:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problemas debidos al producto retardador de fraguado utilizado, que debe realizar también la tarea de curado durante las primeras horas.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar registros de ejecución: temperatura, viento, humedad relativa, tiempo de aplicación del curado, dosificación del producto filmógeno y, en árido visto, funcionamiento del retardador/curador.</li> <li>- Medir abertura y densidad de fisuras, y mapear la orientación respecto a viento, soleamiento y sentido de extendido.</li> <li>- Comprobar la profundidad de las fisuras mediante testigo para analizar si dicha fisuración puede afectar al espesor de la losa.</li> </ul>

Firmado por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (65 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



<b>DETERIORO</b>	<b>S.5 Fisuración en mapa</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioro superficial
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Muy baja

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Fisuras poco profundas y de escasa abertura. Presentan un patrón en forma de piel de cocodrilo. Pueden ser difíciles de ver a simple vista, pero si se moja la superficie se pueden apreciar al secarse ésta. Suelen aparecer entre 1 y 15 días después de la ejecución.



<b>MEDICIÓN</b>
Se debe indicar la existencia de fisuración plástica identificando la losa en la que se producen o el p.k. en el caso de pavimentos de hormigón armado continuo (PHAC), indicando su superficie (m <sup>2</sup> ). Evaluable con equipos de alto rendimiento.
<b>INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN</b>
Se indicará el número de losas afectadas, o el número de zonas en las que se ha detectado en el caso de PHAC, por cada 100 m de carril.

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto contenido de humedad, sobre todo cuando el gradiente de humedad en sentido perpendicular a la superficie es muy elevado. Son épocas críticas para esta patología las de baja humedad relativa.</li> </ul> <p>En el caso de pavimentos de hormigón con textura de árido visto por denudación química:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El problema puede proceder del producto retardador de fraguado utilizado, que durante las primeras horas debe realizar también la función de líquido de curado.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobar el espesor afectado, abertura y evolución de las fisuras.</li> <li>- Realizar prueba de humectación superficial para delimitar la fisuración fina.</li> </ul>



<b>DETERIORO</b>	<b>S.6 Descarnadura / delaminación</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioro superficial
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Muy baja Zonas de aparcamiento / Baja

**DESCRIPCIÓN**

Desprendimiento de una capa superficial de pequeño espesor de mortero débil formada en la superficie del pavimento.

**MEDICIÓN**

Se debe indicar su existencia identificando la losa en la que se produce o el p.k. en el caso de pavimentos de hormigón armado continuo (PHAC). Se inscribirá en un rectángulo midiendo sus lados (m) y superficie (m<sup>2</sup>).  
Evaluable con equipos de alto rendimiento.

**INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN**

Se indicará el número de losas afectadas, o el número de zonas en las que se ha detectado en el caso de PHAC, por cada 100 m de carril.

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conferir al hormigón una textura lisa mediante el fratasado de dicho material, especialmente en zonas de aparcamiento.</li> <li>- Exudación superficial del hormigón excesiva que aumenta la relación a/c en los milímetros superficiales, motivando que esa capa formada tenga una resistencia muy reducida y una mayor capilaridad, quedando además despegada de la masa del propio hormigón.</li> <li>- Ciclos hielo/deshielo</li> <li>- Acción del tráfico</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Delimitar la zona afectada mediante golpeo con cadena, martillo o técnicas equivalentes de detección de zonas huecas.</li> <li>- Tomar testigos para determinar profundidad de la delaminación, calidad de la capa superficial, relación pasta/árido, presencia de exudación, plano de despegue y posible daño por hielo-deshielo</li> </ul>



<b>DETERIORO</b>	<b>S.7 Arrancamiento del árido grueso</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioro superficial
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Baja

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Pérdida de áridos en pavimentos de hormigón con textura de árido visto.



<b>MEDICIÓN</b>										
Se debe indicar su existencia identificando la losa en la que se produce o el p.k. en el caso de pavimentos de hormigón armado continuo (PHAC). La zona afectada se inscribirá en un rectángulo midiendo sus lados (m) y superficie (m <sup>2</sup> ). Evaluable con equipos de alto rendimiento con texturómetros laser o sistemas de cámaras 3D que midan la macrotextura superficial.										
<b>EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)</b>										
Se consideran diferentes niveles de gravedad del deterioro en función de la superficie afectada. <b>BAJO:</b> superficie < 0,5 m <sup>2</sup> <b>MEDIO:</b> superficie entre 0,5 y 1,5 m <sup>2</sup> <b>ALTO:</b> superficie > 1,5 m <sup>2</sup>										
<b>INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN</b>										
Se utilizará el “ <b>índice de descarnadura</b> ” (ID), que se define como el porcentaje de área afectada respecto al área total de 100 metros de carril. En base a este índice se pueden definir diferentes situaciones.										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>Condición</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>= 0</td> <td>Óptimo. Rodadura sin deterioros</td> </tr> <tr> <td>0 &lt; y ≤ 1</td> <td>Aparición de descarnadura</td> </tr> <tr> <td>1 &lt; y ≤ 7</td> <td>Descarnadura en evolución</td> </tr> <tr> <td>&gt; 7</td> <td>Proceder a reparación</td> </tr> </tbody> </table>	ID	Condición	= 0	Óptimo. Rodadura sin deterioros	0 < y ≤ 1	Aparición de descarnadura	1 < y ≤ 7	Descarnadura en evolución	> 7	Proceder a reparación
ID	Condición									
= 0	Óptimo. Rodadura sin deterioros									
0 < y ≤ 1	Aparición de descarnadura									
1 < y ≤ 7	Descarnadura en evolución									
> 7	Proceder a reparación									

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Profundidad excesiva de textura de árido expuesto.</li> <li>- Ciclos hielo/deshielo</li> <li>- Uso de sales fundentes.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medir profundidad de textura y pérdida de árido mediante texturómetro láser, cámara 3D o ensayo volumétrico.</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"><li>- Comprobar la resistencia al deslizamiento en la zona afectada. Evaluar si el arrancamiento se debe a exposición excesiva del árido, pérdida de adherencia pasta-árido, ciclos hielo-deshielo, sales fundentes o ejecución del tratamiento de árido visto.</li><li>- En casos representativos, tomar testigos para analizar interfaz pasta-árido y profundidad de exposición.</li></ul>
--	--

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (69 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



<b>DETERIORO</b>	<b>S.8 Picaduras</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioro superficial
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Muy baja Zonas de aparcamiento / Baja

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Desintegración generalizada y puntual del hormigón en la superficie. Se puede presentar en zonas de aparcamiento y áreas de descanso con acabados fratasados de la superficie.



<b>MEDICIÓN</b>
Se debe indicar su existencia identificando la losa en la que se produce o el p.k. en el caso de pavimentos de hormigón armado continuo (PHAC). Se inscribirá en un rectángulo midiendo sus lados (m) y superficie (m <sup>2</sup> ). Evaluable con equipos de alto rendimiento.
<b>INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN</b>
Se indicará el número de losas afectadas, o el número de zonas en las que se ha detectado en el caso de PHAC, por cada 100 m de carril.

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acción de ciclos hielo/deshielo.</li> <li>- Mala puesta en obra</li> <li>- Calidad deficiente del hormigón</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mapear extensión, densidad y profundidad de las picaduras.</li> <li>- Revisar antecedentes de puesta en obra, acabado, curado, drenaje superficial, acumulación de agua y uso de fundentes en aparcamientos o áreas de descanso.</li> <li>- Tomar testigos o fragmentos para comprobar calidad superficial del hormigón, porosidad, relación agua/cemento local, sistema de aire y posible daño por hielo-deshielo o sales.</li> </ul>



FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (71 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>

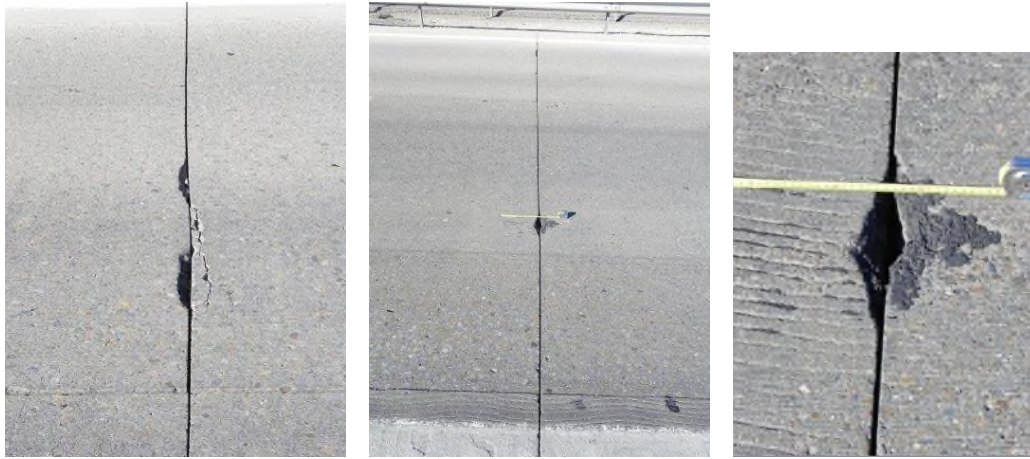
## DETERIOROS EN JUNTAS Y BORDES

---



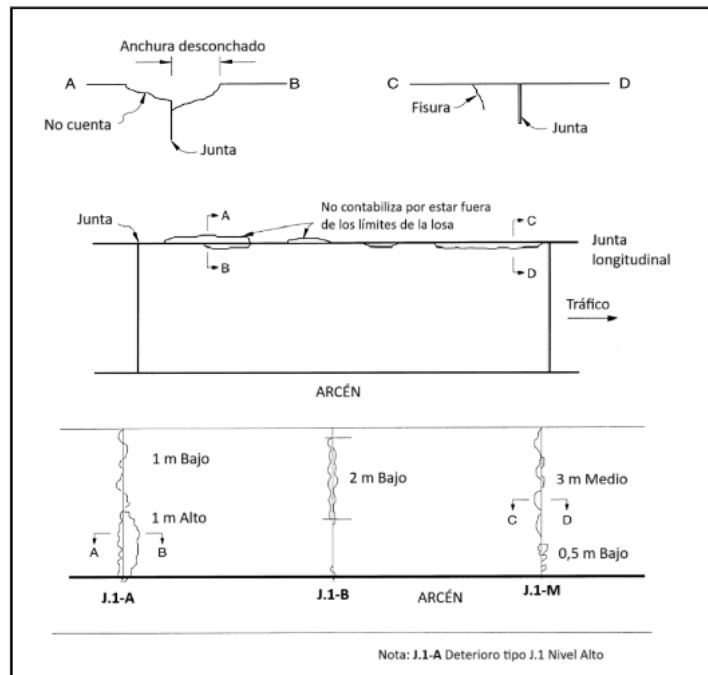
<b>DETERIORO</b>	<b>J.1 Desconchados o desportillados en las juntas</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioros en juntas
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Media

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Fisuras, roturas o desintegración parcial en las juntas o bordes de las losas que afectan a éstas de manera localizada.



**MEDICIÓN**

La medición se efectúa por losa, por tanto, deberá indicarse la referencia de ésta y la longitud del deterioro.  
 Se identificará la junta afectada, transversal y/o longitudinal en la que se detecta este deterioro. Se indicará si está sellada o no.  
 La medida del desconchado se referirá únicamente a lo que afecta a la losa de inspección para evitar duplicar las mediciones.  
 Evaluable con equipos de alto rendimiento.



FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (72 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



En el caso de que el desconchado no sea puntual y afecte a más de un 10 % de la longitud de la junta, se medirá la longitud afectada y se le asignará el nivel correspondiente al desconchado más grave presente.

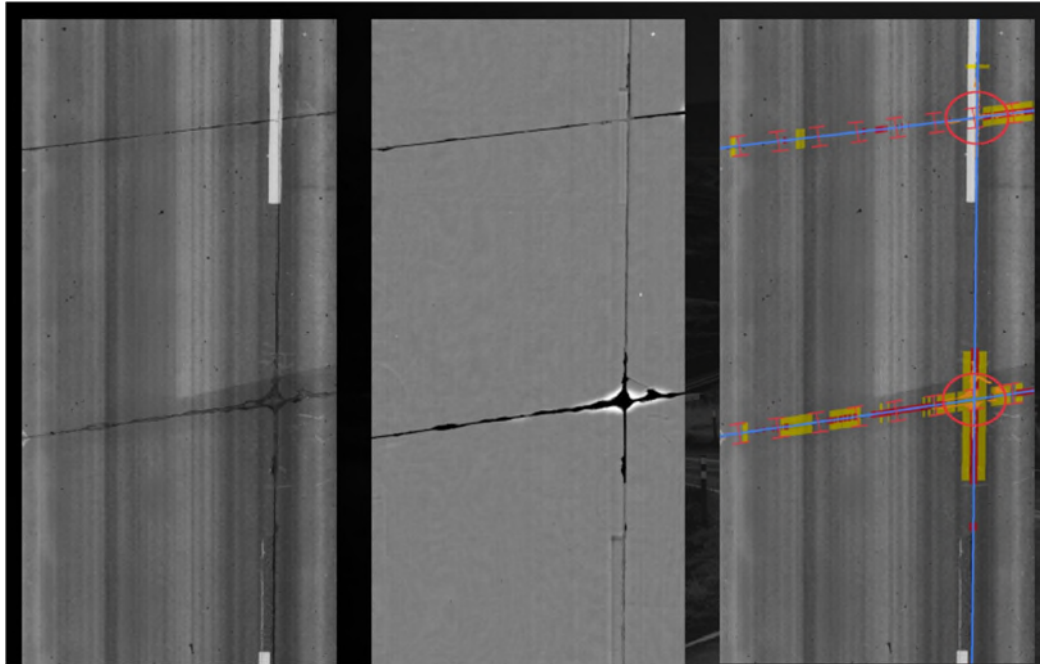
**EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)**

Se consideran diferentes niveles de gravedad en función de la anchura del desconchado (mm) desde los labios de la junta.

**BAJO:** fisuras sin pérdida de material o desconchados de anchura < 30 mm con pérdida de material.

**MEDIO:** desconchados de anchura ≥ 30 mm y < 60 mm con pérdida de material o desportillados sin pérdida de material pero que estén divididos en varios trozos.

**ALTO:** desconchados de anchura ≥ 60 mm con pérdida de material.



**INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN**

Se indicará el número de juntas dañadas por cada 100 m de carril y nivel de gravedad.

<p><b>POSIBLES CAUSAS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debilitamiento de los bordes de la junta por diversas causas (falta de compactación, curado insuficiente, daños durante su aserrado, acabado deficiente...).</li> <li>- Daños producidos durante la retirada de los encofrados.</li> <li>- Presencia de partículas duras no compresibles en el interior de una junta.</li> <li>- Ausencia de sellado de juntas o pérdida de éste.</li> </ul>
<p><b>INSPECCIONES ADICIONALES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobar el estado del sellado, presencia de partículas incompresibles, humedad o pérdida del cordón de respaldo. Inspeccionar si el daño afecta solo al borde o si existe delaminación subyacente mediante golpeo o testigo.</li> <li>- Realizar medición con Deflectómetro de impacto (FWD) para evaluar transferencia de carga y pérdida de apoyo.</li> </ul>

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (73 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en https://sede.transportes.gob.es



<b>DETERIORO</b>	<b>J.2 Abertura excesiva de las juntas</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioros en juntas
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Excepcional

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Abertura excesiva de las juntas, con la consiguiente pérdida de la transferencia de carga en el caso de no disponer de pasadores en las juntas transversales o de barras de atado en las longitudinales.



<b>MEDICIÓN</b>
Se medirá la abertura de la junta (mm) cada 15 m y la longitud afectada (m) o el número de losas afectadas, según corresponda. Evaluable con equipos de alto rendimiento.
<b>INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN</b>
Se indicará la longitud afectada y la abertura media por cada 100 m de carril.

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño excesivo de las losas.</li> <li>- Ausencia de barras de atado en las juntas longitudinales.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medir la abertura en distintas condiciones térmicas, registrando temperatura ambiente y, si es posible, temperatura del pavimento. Comprobar movimiento de las losas al paso de cargas.</li> <li>- Evaluar transferencia de carga mediante deflectómetro de impacto (FWD), especialmente en juntas transversales sin pasadores o con sospecha de pérdida de transferencia.</li> </ul>



<b>DETERIORO</b>	<b>J.3 Defectos de sellado</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioros en juntas
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Media

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Perdida del producto de sellado o sistema de sellado inadecuado.



<b>MEDICIÓN</b>
La medición se efectúa por losa, por tanto, deberá indicarse la referencia de ésta y su longitud. Se indicará si las juntas longitudinales y transversales están selladas. En el caso de estar selladas, se indicará el nivel de estado de cada una de ellas. Evaluable con equipos de alto rendimiento.
<b>EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)</b>
Se consideran diferentes niveles de gravedad en función del estado del producto de sellado de juntas. <b>BAJO:</b> la junta presenta < 10 % de su longitud con fallos de sellado. <b>MEDIO:</b> los fallos de sellado de la junta están comprendidos entre $\geq 10\%$ y < 30 % de su longitud. <b>ALTO:</b> los fallos de sellado afectan $\geq 30\%$ de la longitud de la junta.
<b>INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN</b>
Se indicará el número de juntas dañadas por cada 100 m de carril y nivel de gravedad.

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de adherencia del producto de sellado con los bordes de la caja.</li> <li>- Dimensiones inadecuadas del cajeado de la junta.</li> <li>- Extrusión (relleno excesivo de la caja)</li> <li>- Producto de sellado inadecuado.</li> <li>- Falta del cordón obturador.</li> <li>- Envejecimiento del producto de sellado.</li> <li>- Falta de conservación.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeccionar tipo de fallo: pérdida de adherencia, fallo cohesivo, extrusión, envejecimiento, endurecimiento,</li> </ul>



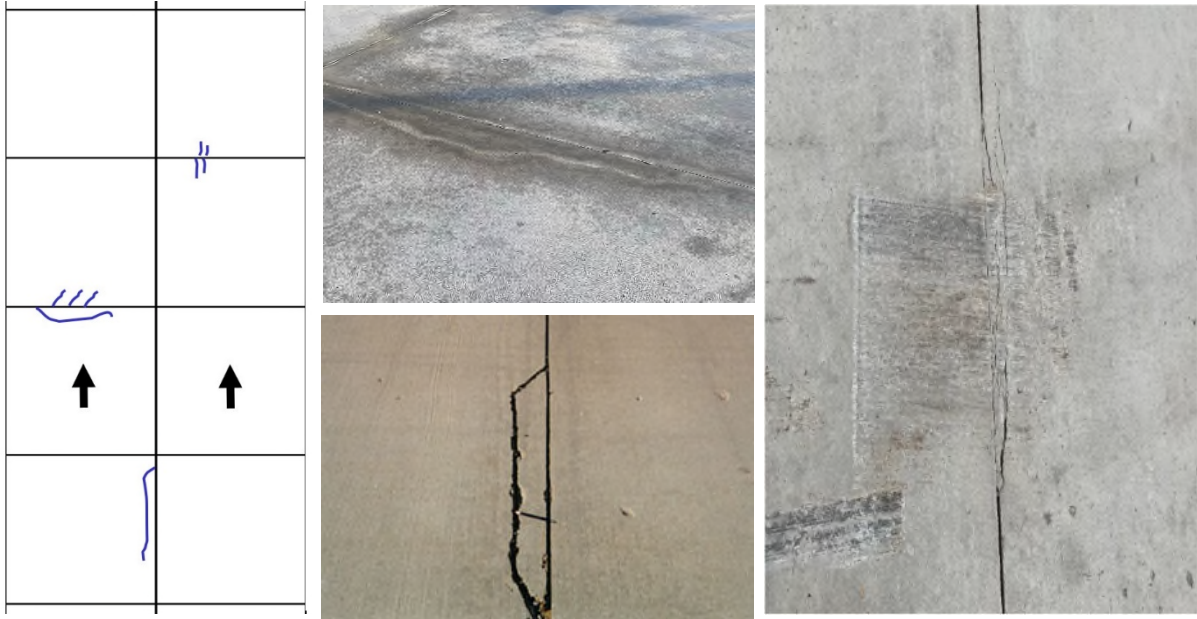
	<p>pérdida de cordón de respaldo, cajeado inadecuado o contaminación de labios.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Medir anchura, profundidad y relación geométrica del cajeado.</li> <li>- Comprobar presencia de agua, finos o material incompresible dentro de la junta.</li> <li>- En tramos con deterioro asociado, analizar si el fallo de sellado está favoreciendo bombeo, desportillados, escalonamiento o pérdida de apoyo.</li> </ul>
--	--

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (76 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



<b>DETERIORO</b>	<b>J.4 Fisuras en las juntas o en sus proximidades</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioros en juntas
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Media

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Fisuras en las proximidades de las juntas transversales y longitudinales.



<b>MEDICIÓN</b>
La medición se efectúa por losa, por tanto, deberá indicarse la referencia de ésta y su longitud. Se indicará si las juntas transversales llevan pasadores y las longitudinales barras de atado. En el caso de estar selladas, se indicará el nivel de estado de dicho sellado. Evaluable con equipos de alto rendimiento.
<b>INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN</b>
Se indicará el número de juntas dañadas por cada 100 m de carril y nivel de gravedad.

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fisuras transversales o diagonales en juntas transversales:             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Colocación de pasadores con movimiento restringido o con defectos importantes de alineación (acodamiento) o por serrado tardío.</li> </ul> </li> <li>- Fisuras longitudinales en juntas transversales:             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Fallo por compresión, por entrada de material incompresible en la junta o por restricción del movimiento de borde.</li> </ul> </li> <li>- Fisuras longitudinales en juntas longitudinales:             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Serrado tardío o por la omisión o mala alineación de los inductores de juntas en fresco.</li> </ul> </li> <li>- Defectos de diseño o construcción.</li> </ul>
------------------------	---

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (77 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en https://sede.transportes.gob.es



<p><b>INSPECCIONES ADICIONALES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobar si la fisura está asociada a serrado tardío, profundidad insuficiente, restricción de movimiento, material incompresible o mala alineación de pasadores.</li> <li>- En juntas transversales, verificar alineación y libertad de movimiento de pasadores mediante GPR, detector específico, testigo o cata.</li> <li>- Medir escalonamiento y transferencia de carga con deflectómetro de impacto (FWD) si hay movimiento, desportillado o evolución rápida.</li> </ul>
--	---

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (78 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (79 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>

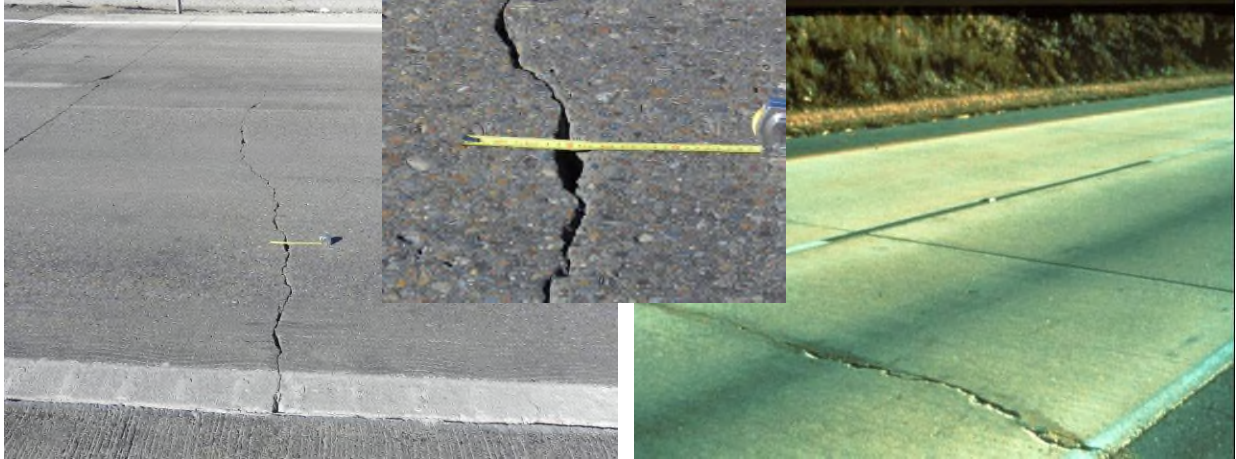
## DETERIOROS ESTRUCTURALES

---



<b>DETERIORO</b>	<b>E.1 Fisuración transversal</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioro estructural
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Media

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Línea de rotura sensiblemente perpendicular al eje del carril.



**MEDICIÓN**

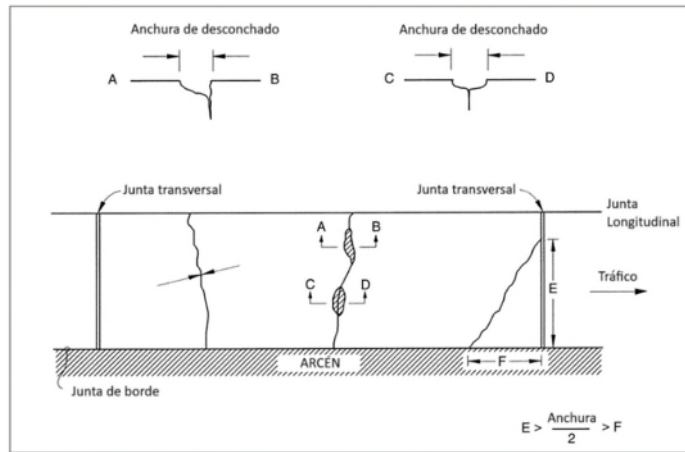
La medición se efectúa por losa, por tanto, deberá indicarse la referencia de ésta y su longitud.

Se indicará el número de fisuras transversales existentes en la losa.

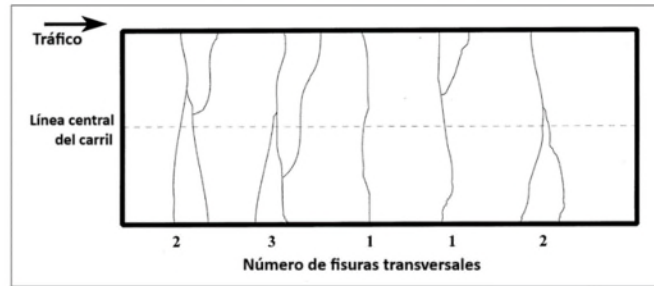
Para cada fisura transversal se indicará si es parcial (no afecta a toda la anchura de la losa) o total, su abertura (mm) y la existencia de daños en sus bordes, así como su situación dentro de la losa.

En su caso, se indicará si la fisura está sellada y en su caso, el estado del sellado.

Evaluable con equipos de alto rendimiento.



En pavimentos de hormigón armado continuo (PHAC) es normal la existencia de fisuras transversales a ancho completo de carril. Por lo tanto, sólo se considerarán aquellas fisuras transversales parciales, es decir, aquellas que no llegan o no sobrepasan la mitad del ancho de carril. Su posición se indicará por referencia al p.k.



**EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)**

Se consideran diferentes niveles de gravedad en función de la abertura media de la fisura y de la existencia de otros deterioros.

**BAJO:** abertura media de fisura < 0,5 mm, sin presencia de deterioros en los bordes ni muestras de escalonamiento.

**MEDIO:** abertura media de fisura  $\geq 0,5$  mm y  $\leq 1,5$  mm o existencia de desconchados en los bordes de tamaño < 60 mm, o muestras de escalonamiento < 5 mm.

**ALTO:** abertura media de fisura > 1,5 mm o existencia de desconchados  $\geq 60$  mm o escalonamiento  $\geq 5$ mm.

En PHAC los niveles de gravedad tendrán en cuenta la existencia de desconchados en sus bordes.

**BAJO:** Fisuras sin deterioros en sus bordes o que afectan < 10 % de su longitud.

**MEDIO:** Fisuras con desconchados entre  $\geq 10$  % y  $\leq 50$  % de su longitud.

**ALTO:** Fisuras con desconchados en > 50 % de su longitud.

**INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN**

Número de losas rotas por cada 100 m de carril, con indicación de número de fisuras transversales. En PHAC número de fisuras transversales por cada 100 m de carril.

<p><b>POSIBLES CAUSAS</b></p>	<p>En pavimentos de hormigón en masa con juntas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Juntas de contracción serradas demasiado tarde.</li> <li>- Longitud excesiva de las losas.</li> <li>- Insuficiente profundidad del corte.</li> <li>- Retracción térmica.</li> <li>- Excesivo rozamiento con la capa inferior.</li> <li>- Espesor de losa insuficiente.</li> <li>- Fallo del apoyo (soporte erosionable).</li> <li>- Roturas por efecto del combado de las losas.</li> </ul>
<p><b>INSPECCIONES ADICIONALES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobar si la fisura es superficial o de espesor completo mediante testigo, cata o inspección en borde.</li> <li>- Medir abertura, escalonamiento, desportillado y estado del sellado.</li> <li>- Evaluar transferencia de carga y posible pérdida de apoyo mediante deflectómetro de impacto (FWD).</li> <li>- En PHAC, analizar patrón de fisuración: separación entre fisuras, abertura y existencia de desconchados.</li> </ul>

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (81 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en https://sede.transportes.gob.es



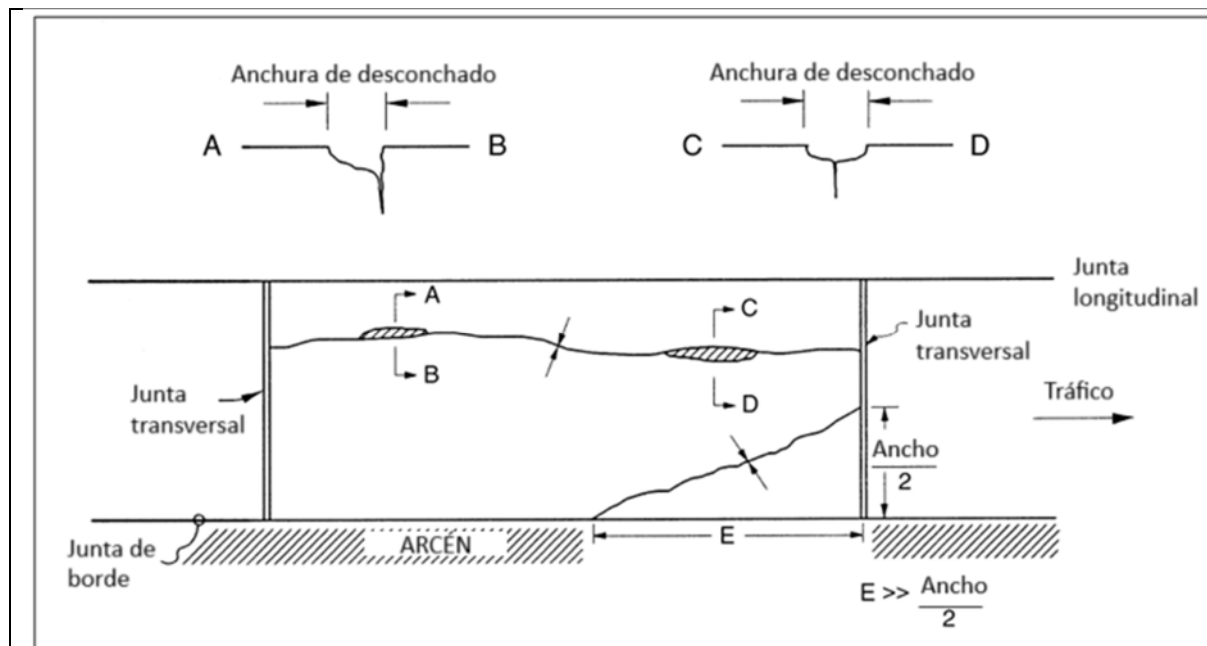
<b>DETERIORO</b>	<b>E.2 Fisuración longitudinal</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioro estructural
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Baja

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Línea de rotura sensiblemente paralela al eje del carril.



<b>MEDICIÓN</b>
<p>La medición se efectúa por losa, por tanto, deberá indicarse la referencia de ésta y su longitud.</p> <p>Se indicará el número de fisuras longitudinales existentes en la losa.</p> <p>Para cada fisura longitudinal se indicará si es parcial (no afecta a toda la longitud de la losa) o total, su abertura (mm) y la existencia de daños en sus bordes, así como su situación dentro de la losa.</p> <p>En su caso, se indicará si la fisura está sellada y en su caso, el estado del sellado.</p> <p>Al no existir losas independientes, en pavimentos de hormigón armado continuo (PHAC) se indicará el p.k. en el que se encuentra la fisura.</p> <p>Evaluable con equipos de alto rendimiento.</p>





**EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)**

Se consideran diferentes niveles de gravedad en función de la abertura media de la fisura y de la existencia de otros deterioros.

**BAJO:** abertura media de fisura < 0,5 mm, sin presencia de deterioros en los bordes ni muestras de escalonamiento.

**MEDIO:** abertura media de fisura  $\geq 0,5$  mm y  $\leq 1,5$  mm o existencia de desconchados en los bordes de tamaño < 60 mm, o muestras de escalonamiento de hasta 5 mm.

**ALTO:** abertura media de fisura > 1,5 mm o existencia de desconchados  $\geq 60$  mm o escalonamiento  $\geq 5$ mm.

**INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN**

Número de losas rotas, o longitud total de fisuras longitudinales en PHAC, por cada 100 m de carril

<p><b>POSIBLES CAUSAS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Serrado tardío de la junta longitudinal</li> <li>- Rotura estructural</li> <li>- Anchura excesiva de las losas sin junta longitudinal.</li> <li>- Asiento lateral de la losa (rellenos junto a muros).</li> <li>- Ausencia de junta longitudinal.</li> <li>- Profundidad de serrado insuficiente.</li> </ul>
<p><b>INSPECCIONES ADICIONALES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobar profundidad y continuidad de la fisura, diferenciando fisura estructural, fisura por serrado tardío de junta longitudinal o fisura asociada a asiento lateral.</li> <li>- Medir abertura, escalonamiento y deterioro de bordes.</li> <li>- Realizar mediciones con el deflectómetro de impacto (FWD) si existe movimiento, escalonamiento o sospecha de pérdida de apoyo.</li> </ul>

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (83 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en https://sede.transportes.gob.es



<b>DETERIORO</b>	<b>E.3 Rotura de esquina</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioro estructural
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Baja

**DESCRIPCIÓN**

Línea de rotura oblicua entre juntas longitudinales y transversales delimitando una porción triangular en una de las esquinas de la losa, sin que ninguno de sus lados supere la mitad de la anchura de la losa.

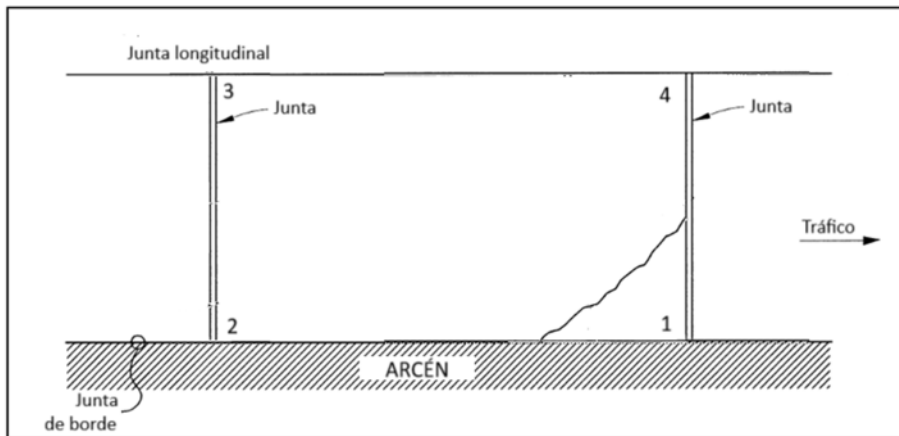


**MEDICIÓN**

La medición se efectúa por losa, por tanto, deberá indicarse la referencia de ésta y su longitud.

Se indicará el número de roturas de esquinas existentes en la losa, su situación y nivel de gravedad.

Evaluable con equipos de alto rendimiento.



FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (84 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F72EF3. Verificable en https://sede.transportes.gob.es



**EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)**

Se consideran diferentes niveles de gravedad en función de la existencia de otros deterioros.

**BAJO:** la fisura no presenta deterioros en los bordes ni muestras de escalonamiento y no se ha roto en dos o más piezas.

**MEDIO:** La fisura presenta desconchados de nivel bajo, o muestra de escalonamiento < 5 mm y no se ha roto en dos o más piezas.

**ALTO:** La fisura presenta desconchados de nivel medio, o muestras de escalonamiento  $\geq$  5 mm o se ha roto en dos o más trozos.

**INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN**

Se indicará el número de losas afectadas, o el número de zonas en las que se ha detectado en el caso de PHAC, por cada 100 m de carril.

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo en el apoyo de la losa por mala compactación o erosionabilidad del soporte.</li> <li>- Sobrecargas en las esquinas de losa (insuficiente capacidad estructural).</li> <li>- Deficiencias en la transferencia de cargas en las juntas.</li> <li>- Asientos de la explanada.</li> <li>- Formación de ángulos excesivamente agudos.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluar pérdida de apoyo mediante FWD en esquina, junta transversal y junta longitudinal.</li> <li>- Comprobar existencia de bombeo de finos, humedad, base erosionable o defectos de drenaje.</li> <li>- Medir transferencia de carga en las juntas adyacentes.</li> <li>- Tomar testigos si se requiere confirmar espesor real de losa, resistencia/calidad del hormigón o estado de la base.</li> </ul>



<b>DETERIORO</b>	<b>E.4 Escalonamiento en juntas y fisuras</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioro estructural
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Media

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Diferencia de elevación a lo largo de una junta o fisura.



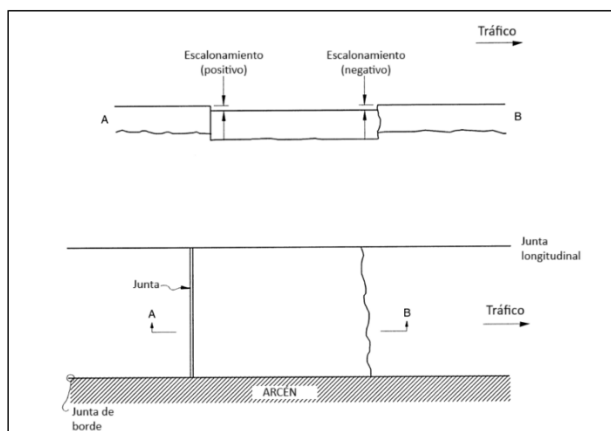
**MEDICIÓN**

La medición se efectúa por losa, por tanto, deberá indicarse la referencia de ésta y su longitud.

Se medirá el escalonamiento existente (mm) entre los bordes de la junta o de la fisura en varios puntos, debiendo ser alguno de ellos el correspondiente a la rodada exterior que estará situada a una distancia comprendida entre 0,3 m y 0,75 m del borde interior de la marca vial. No se medirá el escalonamiento en puntos donde haya desconchados o roturas de esquina.

Se tomará como valor de escalonamiento el mayor de los valores registrados y se identificará la junta o fisura afectada. En el sentido de la circulación, cuando la losa de entrada esté a mayor altura que la losa de salida el escalonamiento tendrá valor positivo y negativo en caso contrario.

Evaluable con equipos de alto rendimiento.



FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (86 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en https://sede.transportes.gob.es



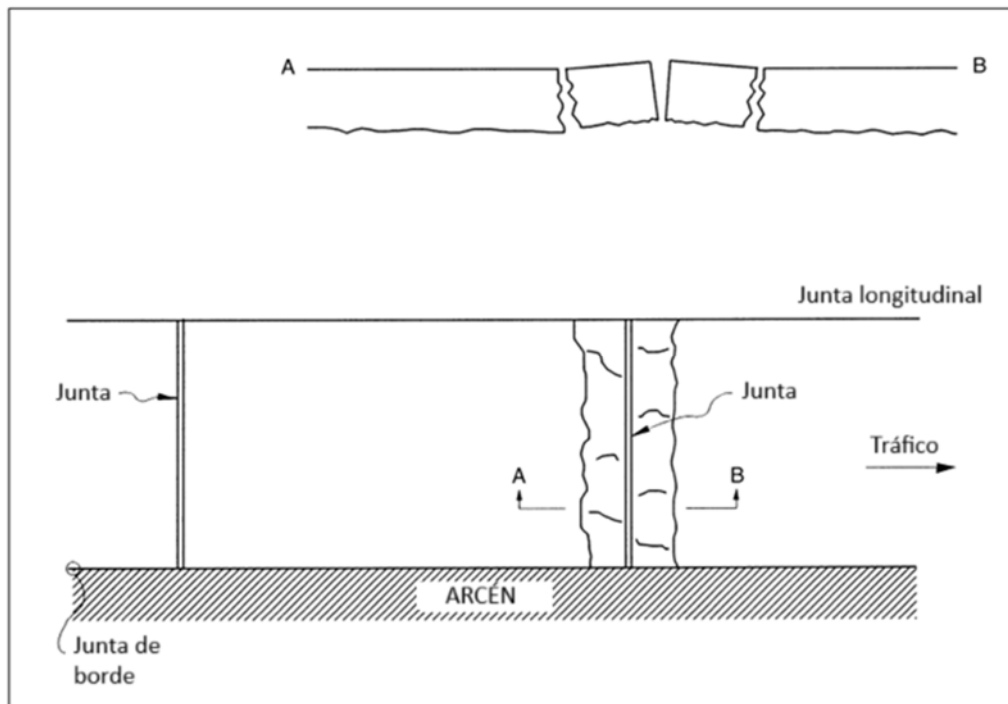
<b>EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)</b>
<p>Se consideran diferentes niveles de gravedad en función del escalonamiento y de la existencia de otros deterioros.</p> <p><b>BAJO:</b> escalonamiento &lt; 5 mm.  <b>MEDIO:</b> escalonamiento <math>\geq</math> 5 mm y <math>\leq</math> 15 mm.  <b>ALTO:</b> escalonamiento &gt; 15 mm.</p>
<b>INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN</b>
<p>Se indicará el número de losas afectadas por escalonamiento en juntas y fisuras, o el número de zonas en las que se ha detectado escalonamiento en fisuras en el caso de PHAC, por cada 100 m de carril.</p>
<p>Se indicará el número de juntas o fisuras con escalonamiento por cada 100 m de carril y nivel de gravedad.</p>

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acción del tráfico sobre losas rotas o juntas sin pasadores.</li> <li>- Existencia de una base erosionable (bombeo de finos)..</li> <li>- Ausencia o fallo de producto de sellado.</li> <li>- Pérdida de transferencia de cargas.</li> <li>- Asientos.</li> <li>- Combadado de las losas por gradientes térmicos o de humedad.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medir el escalonamiento con equipo manual, perfilómetro o sistema 3D en la rodada exterior y en puntos representativos.</li> <li>- Realizar FWD a ambos lados de la junta o fisura para determinar transferencia de carga y posibles huecos bajo losas. Inspeccionar presencia de bombeo, finos, humedad, defectos de sellado y drenaje.</li> <li>- Complementar con GPR o testigos/catas si se sospecha pérdida de apoyo, erosión de base o espesor insuficiente.</li> </ul>



<b>DETERIORO</b>	<b>E.5 Pandeo</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioro estructural
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Extraordinario

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Levantamiento localizado en una junta o en una grieta transversal que produce la rotura del pavimento. Requiere reparación inmediata.



<b>MEDICIÓN</b>
Identificar las losas afectadas o el p.k. en el que se ha producido en el caso de pavimentos de hormigón armado continuo. Evaluable con equipos de alto rendimiento
<b>EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)</b>
Requiere reparación inmediata.

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se produce por efecto de las dilataciones térmicas</li> <li>- Ausencia o fallo de juntas de expansión.</li> <li>- Compresiones excesivas en el hormigón por efectos térmicos.</li> <li>- Juntas de construcción o final de día no perpendiculares a la superficie del pavimento, que puede provocar un efecto de cabalgamiento.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección inmediata de seguridad y delimitación de la zona afectada.</li> <li>- Comprobar temperatura del pavimento, cierre de juntas, presencia de material incompresible, fallo o ausencia de juntas de expansión y estado de juntas de construcción.</li> </ul>

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
 DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
 Total folios: 122 (88 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F72EF3. Verificable en https://sede.transportes.gob.es



	<ul style="list-style-type: none"><li>- Verificar si las juntas de construcción o final de día son perpendiculares a la superficie o si existe efecto de cabalgamiento. Inspeccionar losas adyacentes para detectar compresiones, fisuras, levantamientos incipientes o riesgo de propagación.</li></ul>
--	--

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (89 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



<b>DETERIORO</b>	<b>E.6 Punzonamiento</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Deterioro estructural
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Extraordinario

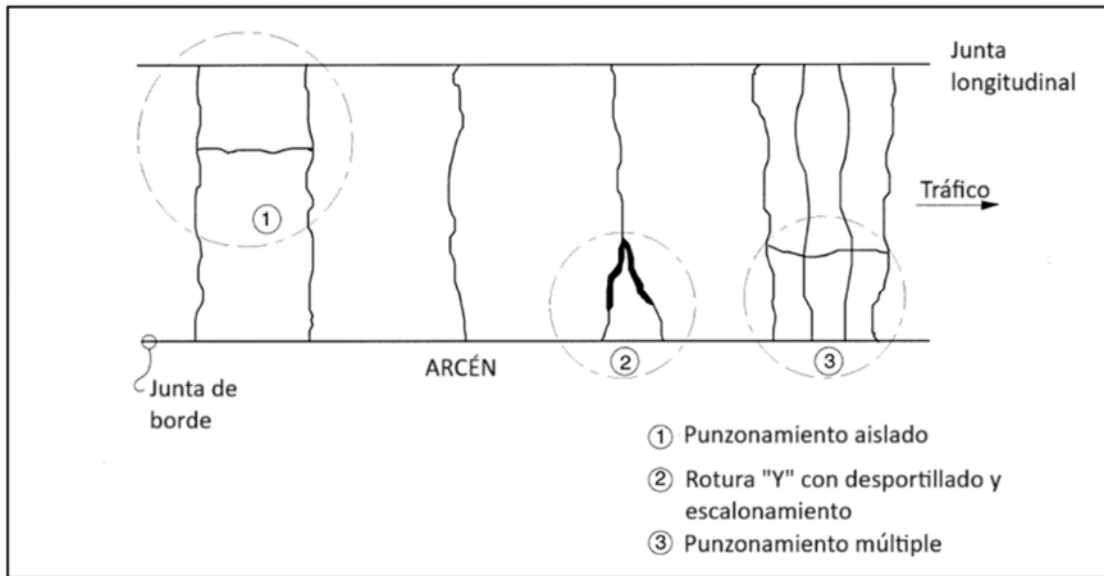
**DESCRIPCIÓN**

Rotura del pavimento y hundimiento con relación al hormigón circundante. Suele presentarse en pavimentos de hormigón armado continuo (PHAC) entre fisuras transversales con distancias muy reducidas entre ellas (< de 0,5 m), y en el caso de roturas en forma de Y.



**MEDICIÓN**

La medición se efectúa por losa, por tanto, deberá indicarse la referencia de ésta. En PHAC se hará referencia al p.k. Se indicará su posición y superficie (m<sup>2</sup>), el descenso (mm) con relación al hormigón circundante y los daños que presenta. Evaluable con equipos de alto rendimiento.



**EVALUACIÓN (NIVELES DE GRAVEDAD)**

Se consideran diferentes niveles de gravedad en función de los deterioros presentes en el punzonamiento.

**BAJO:** Los bordes del punzonamiento tienen una abertura < 2 mm, no hay desconchados o estos son de escasa gravedad, no hay escalonamiento, no hay pérdida de material ni se observan roturas en "Y".

**MEDIO:** Se observan desconchados < 60 mm y escalonamientos < 5 mm.

**ALTO:** La rotura presenta desconchados importantes  $\geq$  60 mm, existe un escalonamiento  $\geq$  5 mm, se aprecia claramente su movimiento bajo el paso del tráfico, se ha roto en varios trozos o se observa que ya se ha empleado un material de reparación que no ha funcionado.

**INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN**

Se indicará el número de losas afectadas, o el número de zonas en las que se ha detectado en el caso de pavimento de hormigón armado continuo (PHAC), por cada 100 m de carril.

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espesor insuficiente.</li> <li>- Fallo en la adherencia entre el hormigón y la armadura</li> <li>- Fallo en el apoyo de la losa.</li> <li>- Patrón de fisuración transversal en los pavimentos armados continuos con fisuras excesivamente próximas.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En pavimentos continuos de hormigón armado, mapear patrón de fisuración transversal, separación entre fisuras, anchura de fisura, fisuras longitudinales, desconchados, escalonamiento y movimiento bajo tráfico.</li> <li>- Realizar medidas con deflectómetro de impacto (FWD) para evaluar pérdida de apoyo y transferencia de carga.</li> <li>- Comprobar bombeo, drenaje y erosión de la base.</li> </ul>



FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (92 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>

## OTROS TIPOS DE DETERIOROS

---



<b>DETERIORO</b>	<b>OH.1 Separación calzada arcén</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Otro tipo de deterioros
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Media

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Abertura excesiva de la junta longitudinal que separa el borde de la calzada del arcén.



<b>MEDICIÓN</b>
Se medirá la abertura de la junta (mm) existente entre la calzada y el arcén en intervalos de 15 m o tres losas. Evaluable con equipos de alto rendimiento.
<b>INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN</b>
Se indicará la longitud afectada y la abertura media por cada 100 m de carril. Se indicará el número de losas afectadas, o el número de zonas en las que se ha detectado en el caso de PHAC, por cada 100 m de carril. Se indicará el número de juntas dañadas por cada 100 m de carril y nivel de gravedad.

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausencia de barras de atado.</li> <li>- Pérdida de adherencia hormigón/acero</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medir abertura de la junta calzada-arcén en intervalos regulares y, si procede, en distintas condiciones térmicas.</li> <li>- Comprobar existencia, continuidad y estado de barras de atado mediante georradar (GPR), pachómetro, testigos o catas.</li> </ul>



<b>DETERIORO</b>	<b>OH.2 Asentamiento calzada arcén</b>
<b>TIPOLOGÍA</b>	Firmes de hormigón. Otro tipo de deterioros
<b>TIPO DE VÍA / FRECUENCIA</b>	Carreteras de alta capacidad / Media

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Diferencia de elevación entre el borde la calzada y el arcén.



<b>MEDICIÓN</b>
Se medirá la diferencia de elevación (mm) existente entre la calzada y el arcén en intervalos de 15 m o tres losas, según corresponda. Si la calzada es la que se encuentra por debajo de la cota del arcén el valor será negativo. Evaluable con equipos de alto rendimiento.
<b>INDICADOR ESTIMATIVO DE CONDICIÓN</b>
Se indicará el número de losas afectadas, o el número de zonas en las que se ha detectado en el caso de PHAC, por cada 100 m de carril.

<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausencia o rotura de barras de atado.</li> <li>- Asentamiento diferencial entre el arcén y la calzada.</li> </ul>
<b>INSPECCIONES ADICIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Levantar perfil transversal para cuantificar el desnivel y su continuidad.</li> <li>- Comprobar daños en arcén, fisuración, pérdida de confinamiento lateral y condiciones de drenaje. Investigar causas de asiento diferencial mediante inspección de explanada, cunetas, drenaje longitudinal/transversal, blandones o pérdida de soporte.</li> </ul>



## ANEXO II

### CRITERIOS PARA INDICAR LA UBICACIÓN DE DETERIOROS EN FIRMES

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (95 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



## 1. INTRODUCCIÓN

En este anexo se incluyen no sólo los criterios que hay que seguir para la localización de los deterioros en los firmes, sino también la información de contorno que se debe recoger para facilitar la interpretación de éstos y su origen probable.

## 2. FIRME AUSCULTADO

En lo que sigue, se van a dar criterios comunes para las auscultaciones que se efectúen con equipos de alto rendimiento o las que se lleven a cabo como inspecciones visuales por personal especializado.

### a. Identificación.

Se debe localizar y clasificar claramente el firme objeto de auscultación. Para ello todas las auscultaciones realizadas tendrán la información de georreferenciación (relativa a posicionamiento por coordenadas, referencia de carretera – PK y clasificación del tramo de vía, calzada y carril auscultados) necesaria y suficiente para ser integrada en los sistemas de información geográfica de la DGC.

El sistema de referencia de coordenadas de la información georreferenciada será el oficial en España (ETRS89-Transversa de Mercator) según el Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España.

El sistema de referenciación lineal (carretera-PK) se sujetará al marco de calibración de la RCE definido por el catálogo oficial de la RCE vigente y por el sistema de información geográfica corporativo de la DGC.

### b. Información adicional.

Una vez identificada la zona que se está auscultando es importante añadir información relevante sobre las condiciones en las que se ha realizado la auscultación, y las características del firme y de la carretera.

#### Condiciones de la auscultación

- Fecha de medición.
- Tiempo meteorológico; en especial la temperatura ambiente en el momento de la auscultación.
- Temperatura del firme, con ayuda de un sistema de medición de infrarrojos.
- Estado de humedad del firme y de la plataforma.



### Incidencias importantes de la carretera

Las incidencias de la carretera se deben referenciar por su inicio y final o, en su caso, por su posición. Entre ellas se pueden reflejar, entre otras:

- Incidencias que sirven para mejorar la referencia:
  - Hitos kilométricos.
  - Señalización de cambio de provincia.
  - Pasos sobre o bajo la carretera.
  - Travesías.
  - Cruces.
  - Enlaces.
  - Puentes.
  - Cambio de firme.
  - Desvíos de tráfico
- Circunstancias que afectan al comportamiento del firme, indicándose el principio y el final de cada zona.
  - Tipo de plataforma:
    - Terraplén —cuando la rasante de la carretera esté un metro (1 m) por encima del terreno natural— indicando su altura: BAJO de 1 m a 4 m, MEDIO de 4 m a 6 m y ALTO para alturas superiores a 6 metros.
    - Desmonte, cuando la rasante de la carretera esté a menos de un metro (1 m) o por debajo del terreno natural.
  - La calzada discurre por encima de un puente.
  - La calzada discurre por el interior de un túnel.
  - Obras de paso inferiores u obras de drenaje transversal que pudieran coincidir con la existencia de deterioros en el pavimento.
  - Reparaciones existentes en el carril (puntuales o continuas). Es importante destacar la circunstancia de la aparición de deterioros en estas zonas ya reparadas.

### Existencia de arcén y características de éste

Se indicará la existencia de arcén exterior y sus características geométricas señalándose, en su caso, la presencia de deterioros, su estado de conservación o la existencia de obstáculos.

#### **c. Características del firme.**

Para la interpretación de los resultados y para la adopción adecuada de criterios de auscultación, es importante conocer de antemano las características del firme que se va a inspeccionar, para lo que será de gran ayuda la información existente en el Sistema de Gestión de Firmes.

Entre la información a recabar se recomienda la siguiente:

- Tipo de firme: flexible, semiflexible, semirrígido, rígido.



- Existencia de capas tratadas con cemento, como es el caso de los firmes semirrígidos y de los firmes rígidos a los que se les ha dotado de una rodadura bituminosa.
- Fecha de construcción y fecha de la última actuación de conservación o rehabilitación y características de ésta.
- Sección de firme existente con espesores aproximados indicando, si se conoce, el tipo de material empleado en las distintas capas.
- Tipo de explanada.
- Intensidad Media Diaria (IMD) de vehículos y porcentaje de pesados o categoría de tráfico pesado para el carril de proyecto.

### 3. AUSCULTACIÓN DE FIRMES ASFÁLTICOS

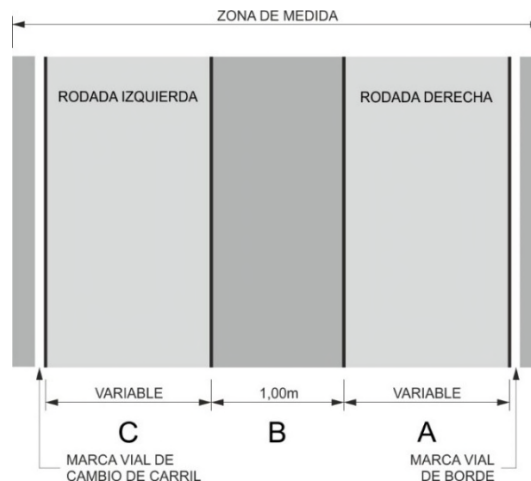
Como criterio general la auscultación se realiza sobre el carril y éste se ha dividido tradicionalmente en cinco zonas:

- A: Zona entre el borde derecho del carril y la rodada derecha.
- B: Rodada derecha.
- C: Zona entre rodadas, derecha e izquierda.
- D: Rodada izquierda.
- E: Zona entre la rodada izquierda y el borde izquierdo del carril.

Esta forma de división es también posible con los equipos de auscultación de alto rendimiento, si bien aporta una información que, posteriormente, es necesario agrupar para la obtención de indicadores de estado y para la toma de decisiones sobre las actuaciones de reparación o rehabilitación.

Por lo tanto, con el objetivo de agregar y simplificar la ubicación de los deterioros, se distinguirán tres zonas:

- A: Rodada derecha hasta el borde derecho del carril.
- B: Zona entre rodadas, derecha e izquierda, que se considerará que tiene un metro (1 m) de anchura.
- C: Rodada izquierda hasta el borde izquierdo del carril.



#### 4. AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

La unidad de inspección en los pavimentos de hormigón en masa con juntas es la losa, definida como aquella que está delimitada por juntas transversales y longitudinales. También serán objeto de inspección los arcenes.

Es importante establecer un sistema de referenciación de las losas —en el caso de que éstas no estén ya numeradas— que evite problemas de identificación con el paso del tiempo, por ejemplo, por cambio en la posición de los hitos kilométricos. Una posible forma es dar las coordenadas UTM de la junta de inicio de losa tomando como dirección el sentido de circulación y hacerlo para cada losa o por grupos de 10 losas, por ejemplo.

Los pavimentos de hormigón armado continuo no presentan losas, por lo que en ellos se seguirán los criterios indicados para el caso de firmes asfálticos.

En ambos casos, se indicará la presencia de zonas reparadas, ya que indican daños sufridos por el firme.

#### 5. GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Arcén:** Franja longitudinal afirmada, contigua a la calzada, no destinada al uso de vehículos automóviles salvo en circunstancias excepcionales

**Autopista:** Carretera especialmente proyectada, construida y señalizada como tal para la exclusiva circulación de automóviles, sin acceso a las propiedades colindantes, sin cruces a nivel con ninguna otra vía de comunicación o servidumbre de paso. Consta de calzadas distintas para cada sentido de circulación, separadas entre sí —salvo en puntos singulares o con carácter temporal— por una franja de terreno no destinada a la circulación o, en casos excepcionales, por otros medios.

**Autovía:** Carretera que, no reuniendo todos los requisitos de la autopista, tiene calzadas separadas para cada sentido de la circulación, limitación de acceso a las propiedades colindantes, y carece de cruces a nivel.

**Berma:** Franja longitudinal, afirmada o no, comprendida entre el borde exterior del arcén y la cuneta o arista interior de talud más próxima a la plataforma.

**Calzada:** Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles.

**Carretera:** Vía de transporte de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos.



**Carretera convencional:** Carretera que no reúne las características propias de la autopista, autovía o carretera multicarril.

**Carretera multicarril:** Carretera que, sin ser autopista o autovía, tienen al menos dos carriles destinados a la circulación para cada sentido, con separación o delimitación de estos, pudiendo tener accesos o cruces a nivel. En el cómputo de carriles no se tienen en cuenta los carriles adicionales, los de espera, los de trenzado, ni los de cambio de velocidad.

**Carril:** Franja longitudinal en que puede estar dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con anchura suficiente para la circulación de una fila de automóviles que no sean motocicletas.

**Carril adicional para circulación rápida:** Carril adicional que, situado a la izquierda de los principales en carreteras de calzadas separadas o entre ellos en carreteras de calzada única, facilita a los vehículos rápidos el adelantamiento de otros vehículos que circulan a menor velocidad.

**Carril adicional para circulación lenta:** Carril adicional que, situado a la derecha de los principales, permite a los vehículos que circulan con menor velocidad apartarse de los carriles principales, facilitando el adelantamiento por los vehículos más rápidos.

**Carril de cambio de velocidad:** Carril destinado a incrementar o reducir la velocidad, para incorporarse o salir de la calzada principal de la carretera.

**Carril central de espera:** Carril destinado, en una intersección con giro a la izquierda, a la detención del vehículo a la espera de oportunidad para realizar esta maniobra sin obstaculizar el tráfico.

**Carril de trenzado:** Carril constituido por la unión de un carril de aceleración y otro de deceleración consecutivo.

**Desmonte:** Parte de la explanación situada bajo el terreno original.

**Mediana:** Franja longitudinal situada entre dos calzadas, no destinada a la circulación.

**Plataforma:** Zona de la carretera destinada al uso de los vehículos, formada por la calzada, la mediana, los arcenes y las bermas afirmadas

**Ramal:** En un enlace, vía que conecta dos carreteras para permitir pasar de una a otra

**Terraplén:** Parte de la explanación situada sobre el terreno original.



Tramo: Cualquier porción de una carretera comprendida entre dos secciones transversales cualesquiera

Vía colectora-distribuidora: Calzada con sentido único de circulación, sensiblemente paralela al tronco de una carretera y contigua a él, aunque separada físicamente, cuyo objeto es independizar de dicho tronco las zonas de conflicto que se originan entre conexiones consecutivas muy próximas. En ningún caso sirve a las propiedades o edificios colindantes. Por sus características, la vía colectora-distribuidora es un elemento funcional de la carretera, si bien a efectos de su diseño y explotación tendrá la consideración de carretera

Vía de servicio: Vía sensiblemente paralela a una carretera, respecto de la cual tiene carácter secundario, conectada a ella solamente en algunos puntos, y que sirve a las propiedades o edificios contiguos. Puede tener uno o dos sentidos de circulación.

Vía urbana: Cualquiera de las que componen la red interior de comunicaciones de una población, excepto las travesías que no hayan sido sustituidas por una variante de población.



## ANEXO III

# INSPECCIÓN VISUAL DE FIRMES

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (102 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



## 1. INTRODUCCIÓN

Este anexo recoge una serie de recomendaciones técnicas para la correcta realización de inspecciones visuales de firmes llevadas a cabo por personal especializado.

Estas inspecciones constituyen la base del reconocimiento del estado superficial y estructural de los pavimentos y son un elemento esencial dentro de los sistemas de gestión de firmes, ya que proporcionan información cualitativa y cuantitativa sobre los deterioros existentes, su extensión y gravedad.

La seguridad es un principio fundamental que debe regir cualquier tarea de auscultación o inspección de pavimentos, tanto para los usuarios de la carretera como para los operadores que realizan los trabajos.

Tanto en las inspecciones manuales como en las efectuadas mediante equipos de alto rendimiento, se deberán seguir las directrices contenidas en el documento “Señalización móvil de obras” de la Dirección General de Carreteras<sup>3</sup>, así como lo establecido en la normativa vigente en materia de seguridad y salud laboral.

La inspección visual por personal especializado tiene por finalidad profundizar en el diagnóstico de zonas concretas del firme, bien como parte de campañas de conservación rutinaria o con vistas a la redacción de proyectos de rehabilitación.

En este tipo de inspecciones no sólo se identifican y clasifican los deterioros superficiales, o que pueden surgir de forma incipiente, sino que también se analizan las condiciones de contorno que puedan haber influido en su aparición —drenaje, tráfico, sombra, borde de calzada, deficiencias constructivas, etc.— con el fin de facilitar la interpretación de las causas y orientar las posibles soluciones.

La Dirección General de Carreteras está trabajando en el perfeccionamiento de las tecnologías de visión artificial; así como en la calibración y validación de estas técnicas para hacer posible obtener las inspecciones visuales de forma automática. Esta nueva metodología de inspección será objeto de una nueva nota técnica por parte de la DGC.

---

<sup>3</sup> Aunque la velocidad de operación de los equipos de alto rendimiento puede alcanzar los 90 km/h y no constituir un obstáculo para el tráfico, es recomendable indicar la circunstancia de que están auscultando el pavimento, con las correspondientes señales luminosas.



## 2. GENERALIDADES

Se seguirán los criterios indicados en el anexo II relativos a la ubicación de los deterioros, calzadas y carriles de inspección e identificación de elementos del contorno.

Asimismo, las inspecciones se planificarán de modo que se garantice la representatividad de los tramos analizados, especialmente en carreteras de calzada única o de características heterogéneas.

## 3. INSPECCIÓN

### a. Personal y seguridad

El personal que realice la inspección deberá estar debidamente formado en identificación y clasificación de deterioros.

Durante la ejecución de los trabajos sobre el firme, deberán cumplirse estrictamente las normas de prevención de riesgos laborales, utilizando los equipos de protección individual (EPIs) apropiados.

Las tareas se realizarán siempre desde zonas seguras, evitando invadir carriles en servicio salvo en los casos debidamente señalizados y autorizados.

### b. Condiciones de inspección

Las inspecciones se efectuarán en condiciones meteorológicas favorables, con buena visibilidad e iluminación natural.

No deberán realizarse durante precipitaciones ni con el pavimento húmedo, dado que ello puede alterar la percepción de las fisuras y deformaciones.

Los días posteriores a la lluvia resultan especialmente adecuados, ya que permiten visualizar mejor determinados defectos, como grietas o zonas con pérdida de textura.

### c. Equipos y registro de datos

La toma de datos se realizará preferentemente mediante dispositivos digitales conectados (por ejemplo, tabletas o terminales móviles) que pueden estar integrados con el sistema de gestión de firmes; con librerías de deterioros predefinidos para facilitar la realización, homogeneidad y objetividad.

Estos equipos deben permitir al operador, al menos:

- La ubicación del deterioro en una cuadrícula de 4 m x 10 m del carril de inspección.



- La identificación del deterioro en base a una librería con los tipos y niveles de gravedad.
- El registro de sus medidas, en su caso.
- Anotaciones escritas o mediante notas de voz.
- La toma de imágenes.
- El registro de otras incidencias u observaciones (terraplén, desmonte, vía lenta, etc.).
- Poder cargar la información de deterioros registrados en la misma ubicación en inspecciones que se hayan realizado previamente, dentro del sistema de gestión de firmes.
- Generar un informe resumen de la inspección efectuada y obtención de índices de estado por hectómetro.

A falta de este sistema, se podrán utilizar hojas de campo específicamente preparadas para la inspección, que serán diferentes en función de que se trate de un firme de pavimento bituminoso o de hormigón, siguiendo los procedimientos tradicionales en la materia<sup>4</sup>.

Las hojas de inspección se agruparán por tipo de firme auscultado (flexible, semiflexible, semirrígido, rígido) y sección estructural, lo que requiere una preparación previa antes de efectuar el trabajo.

La hoja inicial contendrá al menos la siguiente información:

- Tipo de vía, designación y denominación.
- Provincia.
- Tramo objeto de auscultación.
- Tipo de firme, con indicación de la existencia, en su caso, de capas tratadas con cemento o pavimentos de hormigón con rodadura bituminosa.
- Sección de firme existente.
- Fecha de construcción o de la última actuación de conservación o rehabilitación.
- Tipo de explanada.
- Categoría de tráfico pesado.

Las hojas de inspección visual llevarán una numeración correlativa y en ellas se indicará:

- Nombre o referencia del operador.
- Designación de la carretera (calzada y carril).
- Identificación del punto kilométrico.
- Fecha de inspección.
- Hora de la inspección.

---

<sup>4</sup> Mientras se desarrollan sistemas digitales modernos, se recogen en esta Nota Técnica los procedimientos utilizados tradicionalmente para la recopilación de la información de las inspecciones visuales realizadas por operadores instruidos.



- Condiciones climáticas (temperatura ambiente, soleamiento, etc.).
- Temperatura del firme.
- Estado de humedad (firme y plataforma).
- Incidencias.





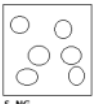






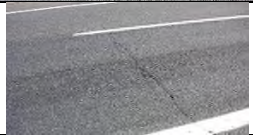
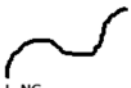



#### 4. DETERIOROS

Los deterioros se señalarán dibujándolos sobre las hojas de inspección indicando su medida y nivel de gravedad. Se acompañan algunos ejemplos.

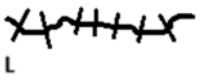

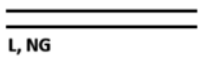










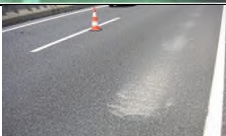



La información recogida en la inspección visual se recopilará en una hoja de cálculo que contendrá toda la información y de forma que permita la obtención de indicadores de estado, en su caso.



## FIRME CON PAVIMENTO BITUMINOSO

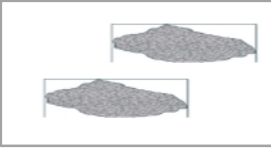


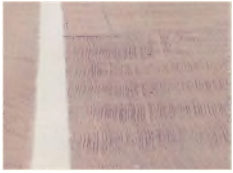
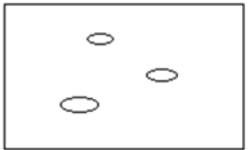



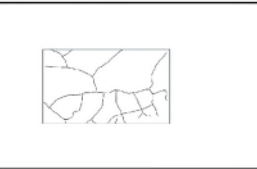

TIPO	CLAVE	DESCRIPCIÓN	NIVELES GRAVEDAD	SÍMBOLO	IMAGEN
Pérdida de textura superficial	T1	Exudación	Superficie (m <sup>2</sup> ) – Bajo (< 0,25) Medio (0,25 a 0,75) Alto (> 0,75) Longitud (m) – Bajo (< 2) Medio (2 a 4) Alto (> 4) Anchura del carril (%) – Bajo (< 25) Medio (< 25) Alto (> 25)	 NG / L, NG	
	T2	Árido grueso incrustado	Superficie (m <sup>2</sup> ) – Bajo (< 1) Medio (1 a 5) Alto (> 5)	 S, NG	
Desintegración	D1	Descarnadura/peladura	Superficie (m <sup>2</sup> ) – Bajo (< 0,5) Medio (0,5 a 1,5) Alto (> 1,5)	 S, NG	
	D2	Bache	Superficie (m <sup>2</sup> ) – Bajo (< 0,03) Medio (0,03 a 0,05) Alto (> 0,05) Profundidad (mm) – Bajo (< 20) Medio (20 a 40) Alto (> 40)	 S, P, NG	
Agrietamiento	F1	Fisura longitudinal	Abertura (mm) - Bajo (< 5) Medio (5 a 10) Alto (> 10) Longitud (m)	 L, NG	
	F2	Fisura transversal	Abertura (mm) - Bajo (< 5) Medio (5 a 10) Alto (> 10) Longitud (m)	 L, NG	
	F3	Fisura errática	Abertura (mm) - Bajo (< 5) Medio (5 a 10) Alto (> 10) Longitud (m)	 L, NG	
	F4	Fisuración en malla	Densidad (m/m <sup>2</sup> ) - Bajo (< 2) Medio (2 a 4) Alto (> 4) Superficie (m <sup>2</sup> )	 S, NG	



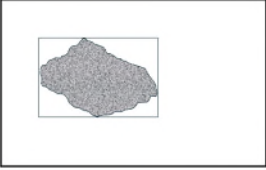



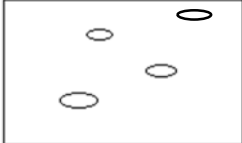

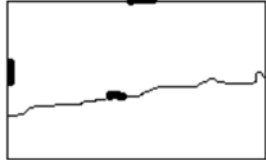


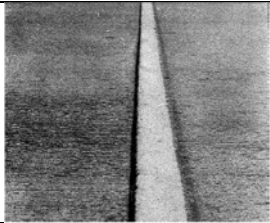


	F5	Fisura sellada	Longitud (m)		
Deformaciones superficiales	DS1	Rodera	Profundidad (mm) – Bajo (< 10) Medio (10 a 20) Alto (> 20) Longitud (m)	 L, NG	
	DS2	Blandón	Superficie (m <sup>2</sup> ) – Bajo (< 0,5) Medio (0,5 a 1) Alto (> 1) Profundidad (mm) – Bajo (< 10) Medio (10 a 30) Alto (> 30)	 S, NG	
	DS3	Asentamiento	Profundidad (mm) – Bajo (< 10) Medio (10 a 20) Alto (> 20) Longitud (m)	 L, NG	
	DS4	Arrollamiento transversal	Altura (mm) – Bajo (< 20) Medio (20 a 40) Alto (> 40) Longitud (m), anchura (mm)	 L, A, NG	
	DS5	Firme ondulado	Profundidad (mm) – Bajo (< 10) Medio (10 a 20) Alto (> 20) Longitud (m), separación (m)	 L, S, NG	
Otros	O1	Ascensión de finos	Por cada 100 m – Bajo (< 4) Medio (4 a 10) Alto (> 10)	 AF	
	O2	Manchas humedad	Superficie (m <sup>2</sup> ) – Bajo (< 1) Medio (1 a 5) Alto (> 5)	 MH	
Parches	P1	Reparaciones			
S: superficie L: longitud P: profundidad NG: nivel de gravedad					



## FIRME CON PAVIMENTO DE HORMIGÓN

TIPO	CLAVE	DESCRIPCIÓN	NIVELES GRAVEDAD	SÍMBOLO	IMAGEN
Deterioros superficiales	S1	Defectos de regularidad superficial	Identificación y superficie acumulada con respecto a los hectómetros del tramo. Según se describe en la ficha.		
	S2	Pérdida de textura	Medición del CRT. Según se describe en la ficha.		
	S3	Coqueras	Identificación (número por m <sup>2</sup> )	 N	
	S4	Fisuración por retracción plástica	Identificación y superficie (m <sup>2</sup> )	 S	
	S5	Fisuración en mapa	Identificación y superficie (m <sup>2</sup> )	 S	



	S6	Descarnadura / delaminación	Identificación y superficie (m <sup>2</sup> )	 S	
	S7	Arrancamiento del árido grueso	Identificación y superficie (m <sup>2</sup> )	 S	
	S8	Picadura	Identificación y superficie (m <sup>2</sup> )	 N	
Deterioros en juntas y bordes	J1	Desconchados /desportillados	Anchura (mm) – Bajo (< 30) Medio (30 a 60) Alto (≥ 60) Integridad – Bajo (Sí) Medio (Dividido) Alto (No)	 NG	
	J2	Separación junta longitudinal	Abertura (mm), longitud (m)	 A, L	
	J3	Defectos de sellado	Identificación (%) – Bajo (< 10) – Medio (10-50) – Alto (≥ 50)	 NG	



	J4	Fisuras en las juntas o en sus proximidades	Identificación (%), longitud (m)		
Deterioros estructurales	E1	Fisura transversal	Abertura (mm) – Bajo (< 3) – Medio (3 a 6) – Alto (> 6) Desconchados (mm) – Bajo (No) – Medio (< 60) – Alto (≥ 60) Escalonamiento (mm) – Bajo (No) – Medio (< 5) – Alto (≥ 5)	 A, NG	
	E2	Fisura longitudinal	Abertura (mm) – Bajo (< 3) – Medio (3 a 6) – Alto (> 6) Desconchados (mm) – Bajo (No) – Medio (< 60) – Alto (≥ 60) Escalonamiento (mm) – Bajo (No) – Medio (< 5) – Alto (≥ 5)	 A, NG	
	E3	Rotura de esquina	Desconchados (mm) - Bajo (< 30) Medio (30 a 60) Alto (≥ 60) Escalonamiento (mm) – Bajo (N) – Medio (< 5) – Alto (≥ 5) Integridad – Bajo (Sí) – Medio (Dividido) – Alto (No)	 NG	
	E4	Escalonamiento de juntas o fisuras	Altura (mm)	 H	
	E5	Pandeo de losas	Identificación		



	E6	Punzonamiento (punchout)	Abertura (mm) – Bajo (< 3) – Medio (3 a 6) – Alto (> 6) Desconchados (mm) – Bajo (< 30) . Medio (< 60) – Alto (≥ 60) Escalonamiento (mm) – Bajo (No) – Medio (< 5) – Alto (≥ 5) Integridad – Bajo (Sí) – Medio (Sí) – Alto (Dividido)	 NG	
Otros	OH1	Separación calzada-arcén	Abertura (mm)	 A, L	
	OH2	Asentamiento calzada-arcén	Altura (m)	 H	
N: número    A: abertura    L: longitud    H: altura    NG: nivel de gravedad					



# INSPECCIÓN VISUAL DE FIRMES

## IDENTIFICACIÓN

TIPO <sup>1</sup> \_\_\_\_\_ DESIGNACIÓN \_\_\_\_\_

PROVINCIA \_\_\_\_\_ DENOMINACIÓN \_\_\_\_\_

TRAMO \_\_\_\_\_

## CARACTERÍSTICAS

TIPO DE FIRME<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ CAPAS TRATADAS SÍ  NO

FECHA CONSTRUCCIÓN O ÚLTIMA ACTUACIÓN \_\_\_\_\_

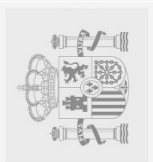
CATEGORÍA TRÁFICO PESADO \_\_\_\_\_

SECCIÓN EXISTENTE Y TIPO DE EXPLANADA

## OBSERVACIONES

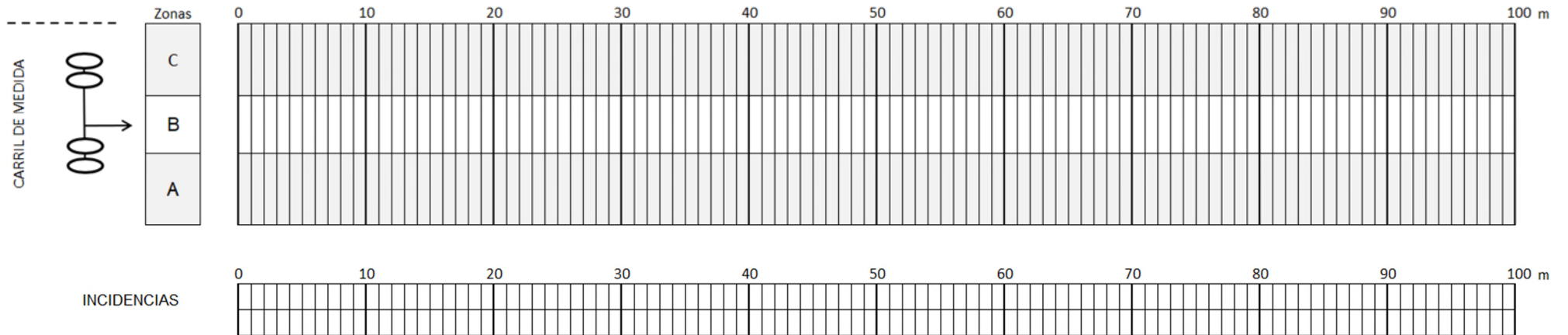
<sup>1</sup> Autopista, autovía, carretera multicarril, carretera convencional

<sup>2</sup> Flexible, semiflexible, semirrígido, rígido



# INSPECCIÓN VISUAL DE FIRME CON PAVIMENTO BITUMINOSO

CARRETERA / TRAMO	DENOMINACIÓN	CALZADA / CARRIL	PROVINCIA	HOJA Nº
OPERADOR / EMPRESA		FECHA INSPECCIÓN	HORA INSPECCIÓN	
CONDICIONES CLIMÁTICAS		TEMPERATURA DEL FIRME	ESTADO DE HUMEDAD	



Hito kilométrico (HK) ó hectométrico (HH) – Desmonte (D) – Terraplén (T) – Paso inferior (PI) o superior (PS) – Otros (especificar)

OBSERVACIONES

.....

.....

.....

.....

.....

.....



# INSPECCIÓN VISUAL DE FIRME CON PAVIMENTO DE HORMIGÓN

CARRETERA / TRAMO	DENOMINACIÓN	CALZADA / CARRIL	PROVINCIA	HOJA Nº
OPERADOR / EMPRESA		FECHA INSPECCIÓN	HORA INSPECCIÓN	
CONDICIONES CLIMÁTICAS		TEMPERATURA DEL FIRME	ESTADO DE HUMEDAD	

Losa nº

Longitud (m)

.....

.....

CARRIL DE MEDIDA


ARCÉN

INCIDENCIAS


Hito kilométrico (HK) ó hectométrico (HH) – Desmonte (D) – Terraplén (T) – Paso inferior (PI) o superior (PS) – Otros (especificar)

OBSERVACIONES

.....

.....

.....

.....

.....



## ANEXO IV

# AUSCULTACIÓN CON EQUIPOS DE ALTO RENDIMIENTO

FIRMADO por: ALVARO NAVAREÑO ROJO. A fecha: 14/05/2026 12:14 PM  
DIRECTOR TÉCNICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS  
Total folios: 122 (116 de 122) - Código Seguro de Verificación: MFOM0236ECA6B6BE459DB7F2EF3. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



## 1. INTRODUCCIÓN

Este anexo describe los principales equipos de auscultación de alto rendimiento empleados en la detección y caracterización de deterioros en firmes, su modo de funcionamiento, los resultados que proporcionan y las recomendaciones de uso más adecuadas en función del objetivo perseguido.

La seguridad constituye un parámetro esencial en toda auscultación del firme, tanto para los usuarios de la vía como para los operadores encargados de la toma de datos, independientemente de que se empleen medios manuales o equipos automáticos de alto rendimiento. En todos los casos, se deberán seguir las directrices establecidas en el documento "Señalización móvil de obras" de la Dirección General de Carreteras.<sup>7</sup>

La auscultación mediante equipos de alto rendimiento se integra dentro de un sistema de gestión de firmes cuyo propósito es disponer de información objetiva, homogénea y actualizada sobre el estado superficial y estructural de la red, permitiendo así la planificación y priorización de actuaciones de conservación de manera eficaz y fundamentada.

Actualmente hay en el mercado técnicas muy diversas si atendemos a su nivel de precisión; desde equipos con láseres a teléfonos móviles, lo cual no ayuda, a priori, a la necesaria homogeneidad y comparación de resultados.

Para que una medida sea **objetiva y homogénea**, es necesario utilizar sistemas repetibles y reproducibles. Los sistemas de bajo coste (cámaras sencillas, móviles, ...) muchas veces adolecen de estas características. Si bien la tecnología en esta materia está en constante evolución. De aquí la importancia de tener catálogos de deterioros tipificados.

## 2. GENERALIDADES

Se aplicarán los criterios indicados en el anexo II en lo relativo a la ubicación de deterioros, la identificación de calzadas y carriles de inspección, así como la identificación de los elementos del contorno y referencias lineales necesarias para la georreferenciación de resultados.

---

<sup>7</sup> Aunque la velocidad de operación de los equipos de alto rendimiento puede alcanzar los 90 km/h y no constituir un obstáculo para el tráfico, es recomendable indicar la circunstancia de que están auscultando el pavimento, con las correspondientes señales luminosas, ante la eventualidad de que se prescriba una velocidad menor con el fin de mejorar su registro.



### 3. EQUIPOS DE ALTO RENDIMIENTO

Se consideran equipos de alto rendimiento aquellos capaces de efectuar la toma masiva de datos del pavimento a velocidad de circulación del tráfico, sin interferir de forma significativa en éste.

Generalmente se trata de vehículos instrumentados específicamente para tareas de auscultación, equipados con sensores ópticos, cámaras, escáneres láser o sistemas de navegación, etc., junto con dispositivos de señalización luminosa y distintivos que alertan a los conductores de su presencia.

Para la detección de deterioros, unos equipos registran imágenes del pavimento con una iluminación uniforme y/o lo mapean mediante sistemas láser, otros sistemas toman un video continuo desde la óptica del conductor. La información en todos los casos está complementada con sistemas de posicionamiento geográfico (GPS, odómetros) que aseguran una localización precisa incluso en zonas de cobertura deficiente, como túneles.

#### a. Equipos con cámaras dirigidas hacia el pavimento.

El sistema de captación de datos suele instalarse en la parte posterior del vehículo, de forma que las cámaras inspeccionen el pavimento y se minimicen interferencias de iluminación y de otros vehículos.

Estos equipos permiten obtener imágenes 2D o 3D del pavimento con independencia de las condiciones de iluminación (día/noche), operando algunos sistemas 2D y 3D a velocidades de hasta 100 km/h con resoluciones longitudinales y transversales a todo lo ancho del carril de 1 mm. La velocidad de operación se adaptará para garantizar la continuidad y calidad de los registros. No deben emplearse en condiciones de lluvia o con el pavimento húmedo.

Si se emplea un sistema 3D, ya muy extendidos a nivel global, el mapeado láser posibilita no sólo identificar los deterioros sobre una imagen de intensidad, sino también cuantificar sus parámetros geométricos, tales como:

- anchura de grietas y fisuras,
- profundidad de DPT ("roderas") y baches,
- deformaciones y diferencias de nivel con resolución milimétrica ( $\approx 1$  mm).

Adicionalmente, puede obtenerse información a nivel de macrotextura superficial si así se configura el equipo.

El tratamiento de la información se realiza mediante algoritmos automáticos, redes neuronales o inteligencia artificial para el reconocimiento y clasificación de deterioros, con posibilidad de asignar niveles de gravedad. Estos sistemas son válidos tanto para firmes de pavimento asfáltico como firmes de pavimento de hormigón, distinguiendo en este último caso las juntas transversales y



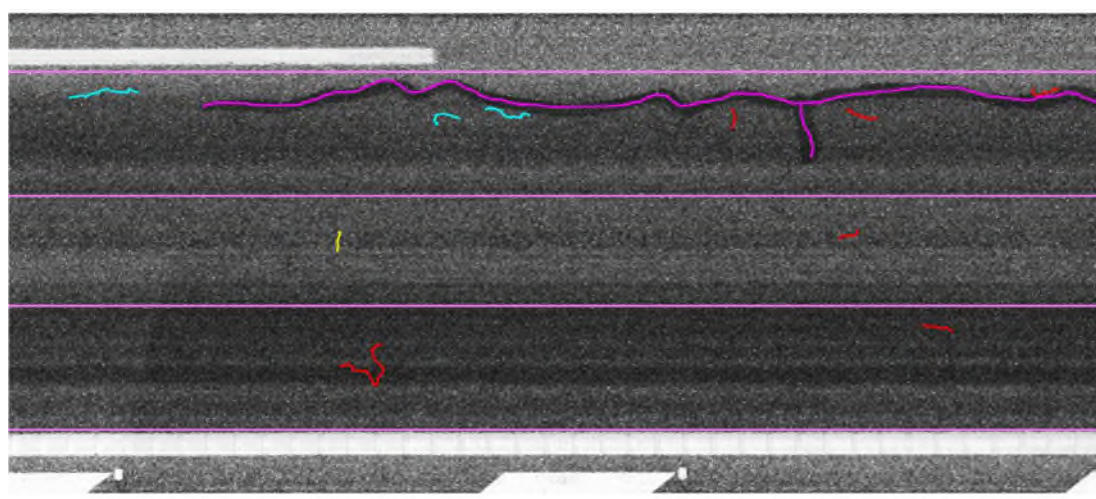
longitudinales. En el caso de los sistemas 3D también puede medirse el escalonamiento y separación entre losas.

Sin embargo, en el momento actual, aún existen limitaciones para detectar o discretizar algunos deterioros relevantes tras el proceso automático; si se desea un nivel de precisión y fidelidad alto respecto a la realidad, obteniendo resultados precisos se recomienda una revisión manual por personal especializado para depurar posibles errores de clasificación (post-proceso) y reconocer deterioros más difíciles de ser detectados automáticamente (fisuras selladas, exudaciones, parches o reparaciones) 8.

El análisis se realiza habitualmente sobre ventanas de imagen de 4 m de ancho por 10 m de longitud, que cubren la totalidad del carril inspeccionado. En carreteras de calzada única deberán definirse criterios que eviten el doble cómputo de deterioros al auscultar en ambos sentidos de circulación.



Sistema de imágenes 3D con iluminación láser.



Análisis de deterioros en 3 bandas con representación de fisuras selladas.

8 Si bien son objeto de análisis, también es importante tener información previamente en la inspección visual de la existencia de zonas reparadas, que ponen de manifiesto la vulnerabilidad estructural del firme, sobre todo cuando el deterioro se ha vuelto a reflejar en ellas.



## b. Sistemas de cámaras embarcadas

El desarrollo de la inteligencia artificial (IA) está posibilitando su aplicación en la auscultación de firmes mediante cámaras estándar embarcadas aplicando visión artificial. Con el aumento de la resolución de cámaras de teléfonos móviles o estándar es posible reconocer con una determinada resolución y clasificar posteriormente mediante algoritmos de visión artificial los principales tipos de deterioro: baches, grietas, fisuras selladas, piel de cocodrilo, descarnaduras o parches.

La visión artificial está en pleno desarrollo en el momento de redacción de esta nota técnica y sus avances y logros se van superando día a día, pudiendo adaptar el nivel de inspección en función de los objetos a detectar<sup>9</sup> y el detalle al que se quiere llegar.

Estos sistemas emplean diferentes cámaras de distinta resolución (Full HD, 4K, 8K) colocadas dentro del vehículo habitualmente y a la altura de los ojos del conductor y adquieren a diferentes frecuencias de captura (30–60 fps), adaptables según el muestreo requerido.

La velocidad de operación puede alcanzar 90 km/h y dependiendo de la resolución de las imágenes se pueden detectar fisuras de longitud superior a 10 cm incluso de hasta fisuras de longitud superior a tan sólo 2 cm.

Por la propia naturaleza de la captura óptica, no proporciona medidas de apertura ni profundidad de los defectos detectados.

La toma de imágenes debe realizarse con iluminación adecuada, evitando las horas de sol rasante (amanecer o atardecer) y las condiciones de humedad o lluvia.

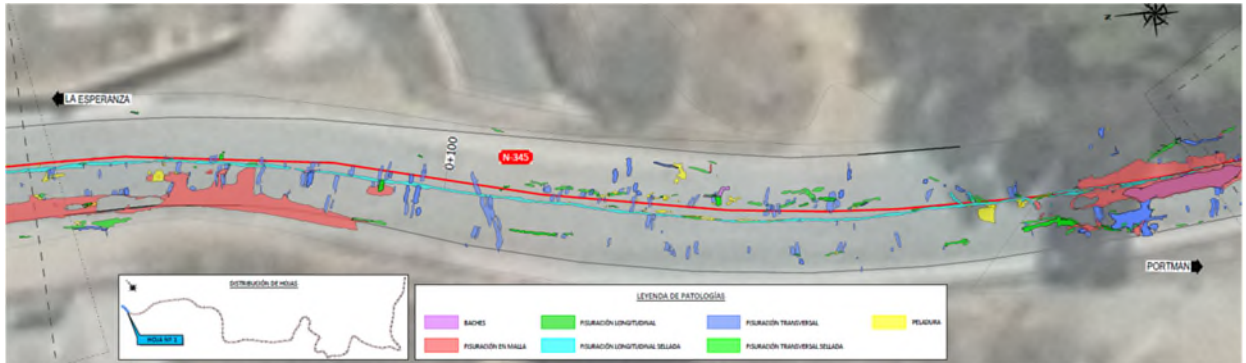
En algunos modelos, se incorporan acelerómetros que correlacionan la severidad del deterioro con las vibraciones registradas en el vehículo.



<sup>9</sup> La visión artificial no sólo es capaz de detectar deterioros en el pavimento, sino todo tipo de elementos de señalización vertical y horizontal, de balizamiento y de contención.



Sistema de imágenes con cámaras embarcadas.



#### 4. RANGO DE APLICACIÓN Y RECOMENDACIONES DE USO

Desde un punto de vista técnico, los equipos con cámaras dirigidas hacia el pavimento ofrecen la mayor precisión y nivel de detalle, siendo idóneos para:

- detectar la aparición temprana de deterioros como fisuras,
- monitorizar su evolución (apertura, longitud, densidad),
- cuantificar deformaciones o irregularidades.

Los equipos basados en cámaras dirigidas al pavimento para la detección de deterioros se integran en los sistemas de medición de la deflexión, junto con la determinación de los espesores del firme mediante tecnología radar (*Traffic Speed Deflectometer*).

En este contexto, estos equipos ya se emplean en contratos de auscultación de la Dirección General de Carreteras. Permiten medir la pendiente de la deformación generada en el pavimento por el paso de las cargas a velocidad de tráfico e incorporan cámaras láser para la detección de deterioros, así como radares 3D. Esta integración posibilita la explotación conjunta de la información en los sistemas de gestión de pavimentos.

Por otro lado, los sistemas de cámaras embarcadas, por su menor resolución, tipo de análisis de resultados y menor coste, resultan útiles para:

- la evaluación rápida y el seguimiento a nivel de red del estado en general del firme.
- la detección temprana de zonas de degradación localizada (según su nivel de resolución).



En consecuencia, ambos tipos de tecnología son complementarios dentro de una estrategia de conservación y gestión avanzada:

- Equipos láser → caracterización detallada y diagnóstico más preciso.
- Sistemas de cámaras embarcados → seguimiento periódico y detección superficial rápida.

La frecuencia de auscultación y el tipo de tecnología a emplear deberán definirse caso por caso considerando si la inspección es a nivel de detalle o investigación, a nivel de proyecto de rehabilitación o a nivel de red.

En cualquier caso, resulta fundamental definir una adecuada planificación y estrategia de auscultaciones a realizar de forma coherente con el sistema de gestión de firmes implementado; y que debe ser acorde con las necesidades y estado de la red así como con la disponibilidad presupuestaria. Por todo ello resulta fundamental asegurar la estabilidad y constancia del presupuesto disponible en la gestión de activos de carreteras

