

# PATOLOGÍAS DE LOS PAVIMENTOS.

## ENTREGA 12.

Andrés Costa

Miembro Comité Revista Asfalto y Pavimentación

### PATOLOGIAS EN LOS FIRMES DE CARRETERAS Y AEROPUERTOS

Denominación de la patología: 05 PRESENTACION GENERAL DE LA PATOLOGÍA DE GRIETAS



Grieta longitudinal



Grietas transversales

#### Descripción de la patología:

Una de las afecciones más habituales en los firmes utilizados son las fisuras y grietas, que pueden definirse genéricamente como una discontinuidad o línea de rotura en la superficie del firme.

#### Tipos de grietas:

Las grietas se pueden agrupar o definir según su origen, su situación y su distribución. Hay dos grandes grupos de tipos de grietas:

- **Grietas de origen estructural:** Aparecen como consecuencia del agotamiento estructural de alguna de las capas del firme.
- **Grietas de origen no estructural:** Producidas por otra causa, como pueden ser: retracción hidráulica o térmica de capas inferiores tratadas con cemento, fluencia, fatiga de una capa de mezcla bituminosa, etc.

Las grietas se pueden agrupar o definir según su origen, su situación y su distribución. Hay dos grandes grupos de tipos de grietas:

- Fisura longitudinal.
- Fisura transversal.
- Fisura errática.
- Fisura parabólica
- Piel de cocodrilo. Cuarteo.

También hay que distinguir donde está situada en la carretera.



Grieta errática



Grieta parabólica



Grieta en piel de cocodrilo o cuarteo

Descripción de la patología:

De forma general se pueden establecer algunos criterios generales sobre la causa de las fisuras y grietas de un firme, que son los siguientes:

- **Envejecimiento y fatiga del firme.** El dimensionamiento del firme se hace para un periodo de proyecto. Durante su vida útil y por la acción de diversos factores (tráfico, climatología, etc.) el firme envejece y va perdiendo progresivamente sus características. Es necesario realizar periódicamente labores de conservación y mantenimiento para mantener las características estructurales y funcionales iniciales. Cuando no se hace esta conservación preventiva, pueden aparecer grietas. El envejecimiento puede producirse en todo el firme, dando lugar al agotamiento estructural, o en alguna de las capas que lo forman por fatiga de la misma.

- **Mala ejecución durante la puesta en obra de las capas que componen el firme.** La falta de adherencia en las juntas de trabajo o entre capas, e incluso la falta de compactación de las mezclas provocan fisuras funcionales y estructurales respectivamente.

- **Defectuosa fabricación de las mezclas bituminosa.** Esto provoca que el firme construido no soporte adecuadamente las solicitaciones producidas por el tráfico, o incluso que no soporten las condiciones climáticas a la que una capa de firme está sometida.

- **Incidencia en el cimiento del firme.** El firme debe apoyar sobre una superficie regular, firme y con suficiente capacidad de soporte. Existen zonas que, por diversas razones, el firme se apoya en un relleno inestable (deslizamientos, relleno de terraplén con materiales inadecuados...), lo que provoca movimientos en las capas superiores, quedando reflejado por la aparición de fisuras y grietas.

- **Presencia en el firme de juntas constructivas.** En la construcción de las capas del firme son necesarias disponer juntas constructivas, que introducen una discontinuidad en la capa y un factor de debilidad en el firme, pudiendo dar origen a la apertura de dicha junta y a la aparición de una fisura, siendo frecuentes en el caso de las juntas longitudinales. Si además hay presencia de capas del firme con materiales tratados con conglomerantes hidráulicos sus juntas constructivas pueden acabar reflejándose en la superficie de rodadura del firme constituyendo un tipo de grieta que debe tratarse como una patología.

- **Firme mal proyectado:** El incorrecto dimensionamiento de un firme da lugar a fisuras que suelen aparecer en los primeros meses de su puesta en obra en forma de piel de cocodrilo, por agotamiento prematuro de la capacidad soporte del firme.

Tipos de grietas:

En estas fichas se van a describir 5 tipos distintos de grietas con orígenes diferentes, técnicas de reparaciones distintas y medidas preventivas también diferentes. Son las siguientes:

- **GRIETAS ESTRUCTURALES (Piel de cocodrilo).**
- **GRIETAS REFLEJADAS.**
- **GRIETAS GENERALIZADAS SIN DEFORMACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO.**
- **GRIETAS CONSTRUCTIVAS.**
- **GRIETAS PARABOLICAS.**

Denominación de la patología: 06 GRIETAS ESTRUCTURALES (PIEL DE COCODRILO)



Fisuración estructural en zona de rodada

Descripción de la patología:

La fisuración estructural es un deterioro caracterizado por la aparición de fisuras interconectadas en forma de malla en la superficie del pavimento. El tamaño de los bloques que constituyen la malla muestra el estado de evolución del deterioro, siendo los bloques de tamaño decimétrico en una fase inicial y centimétricos en una fase avanzada. Esta malla de grietas también se conoce como "piel de cocodrilo".



Grietas estructurales por fatiga de las capas granulares

Tipos de grietas:

El tráfico que solicita los firmes supone la aplicación repetida de cargas que pueden ocasionar el agotamiento estructural de las capas inferiores por acumulación de esfuerzos de tracción inferiores al esfuerzo último de rotura, fenómeno que se conoce con el nombre de fatiga estructural. Se trata de un deterioro que comienza en el fondo de las capas tratadas con un ligante asfáltico o un conglomerante hidráulico, puesto que son las zonas donde el tráfico produce los mayores esfuerzos de tracción. Cuando se produce la fatiga de las capas granulares inferiores del firme o de la explanada, se produce en estas capas una deformación vertical permanente que se manifiesta superficialmente por la aparición de la patología de grietas estructurales y, en este caso, la deformación vertical de la superficie del firme.

Incidencia de la patología en la vía y en los usuarios:

La fisuración en estado avanzado favorece el despegue de las capas de mezcla bituminosa que forman el firme y, como consecuencia, el desprendimiento de parte de los pequeños bloques formados. Este fenómeno supone un peligro para la circulación al poder ser proyectados estos materiales contra otros vehículos, al tiempo que pueden suponer una situación de riesgo para la conducción cuando el tamaño de la superficie desprendida es de dimensiones considerables, dando lugar a la formación de otro tipo de patología denominada BACHES. Además, las zonas desprendidas favorecen la acumulación de agua y formación de charcos en condiciones de lluvia.

Reparación de la patología:

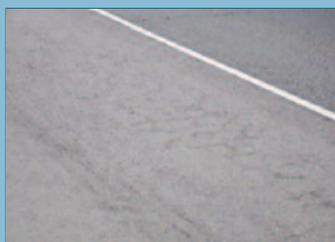
La aparición de fisuración en forma de malla en la superficie del pavimento indica el agotamiento estructural de la sección del firme. Por esta razón, las soluciones de reparación de este tipo de deterioro consisten en sustituir las capas afectadas por materiales de calidad igual o, preferiblemente, superior a la de los materiales originales. Cuando la solución adoptada es la sustitución con mezcla bituminosa, es necesario retirar toda la zona del firme afectada, tanto en superficie como en espesor, hasta encontrar capas en buen estado, y proceder a la posterior reposición del firme. Cuando la fisuración estructural está extendida a una gran longitud de la vía, el reciclado en frío de los materiales fisurados, seguido de la posterior extensión de un refuerzo bituminoso, es posiblemente la opción más interesante técnica y económicamente, debido al aprovechamiento que supone de los materiales existentes.

### Acciones preventivas:

A nivel de proyecto, un correcto dimensionamiento del paquete de firme, acorde con el tráfico esperado y con la calidad de los materiales a emplear, permite prever la aparición de fenómenos de fatiga estructural y, por tanto, agrietamiento en piel de cocodrilo. Por otra parte, el empleo de mayores contenidos de ligante en las capas de base bituminosas, por ser responsables de la resistencia a fatiga de la sección, permite mejorar considerablemente la vida útil del firme.

En fase de explotación, la aparición de fisuras finas en forma de malla es un claro síntoma del comienzo del agotamiento estructural de la sección, siendo recomendable la extensión de un tratamiento de impermeabilización (como una lechada bituminosa) para evitar los efectos dañinos derivados de la entrada de agua en el firme.

Cuando la abertura entre labios de fisura comienza a aumentar, se recomienda proceder a su sellado mediante una masilla elástica y la extensión de un refuerzo mediante mezcla bituminosa para retrasar el avance del deterioro.



Diversos grados de agrietamiento estructural de un firme (de menor a la izquierda, a mayor a la derecha)



Sellado de grietas estructurales existentes

Denominación de la patología: 07 GRIETAS REFLEJADAS



Fisuración estructural en zona de rodada

Descripción de la patología:

La grieta reflejada es aquella que progresa a través del paquete de mezclas bituminosas como continuación de una fisura preexistente en la capa de apoyo, pudiendo ser ésta de capas bituminosas fisuradas o bien de capas tratadas con conglomerantes hidráulicos (cemento), que se denominarán CTCH.

El principal inconveniente de este tipo de fisuración, una vez que la grieta ha ascendido hasta la superficie, es que permite el paso del agua hacia las capas inferiores del firme, lo que puede provocar una pérdida de resistencia de los materiales de estas capas y de la explanada, e incluso fenómenos de erosión y reducción progresiva de la transmisión de carga entre losas de las CTCH, que a la larga resultan fatales al estar asociados con fuertes movimientos verticales provocados por el paso de las cargas de los vehículos pesados de una losa a la siguiente. Además de los problemas estructurales, con el paso del tiempo las fisuras reflejadas van degradándose en los bordes, perdiendo material y pueden llegar a formar pequeños baches.

Causas de la patología:

La retracción hidráulica postgraduado de los materiales tratados con ligantes hidráulicos y los cambios térmicos en esas capas hacen que esos materiales estén sometidos a tensiones de tracción y compresión alternativa, a la vez que a fenómenos de alabeo debidos al gradiente térmico vertical entre caras superior e inferior de la losa. Ello lleva a que, si se supera la resistencia a tracción del material, se fisuren.

Por ello, las mezclas bituminosas colocadas encima de capas hidráulicas se verán sometidas al efecto combinado de estos esfuerzos provocando que se pueda iniciar la fisuración en la base de las mezclas bituminosas, justo encima de la fisura o junta de la CTCH y que progrese hacia la superficie.



Deterioro del borde de las grietas sin sellar

Incidencia de la patología en la vía y en los usuarios:

Cualquier fisura o grieta reflejada en la superficie de rodadura de un firme supone, entre otros problemas, una discontinuidad en la adherencia del neumático y el pavimento. Esta pérdida de adherencia puede agravarse en presencia de agua, especialmente para los vehículos de dos ruedas. Desde el punto de vista del confort, el conductor puede percibir un ruido periódico más o menos intenso al pasar el vehículo sobre las grietas transversales espaciadas existentes por la reflexión de las grietas de las CTCH inferiores.

Si además los bordes de las grietas están deteriorados y hay pérdida de material el ruido es mayor e incluso, si se han formado resaltos o baches por pérdida del material, la seguridad y comodidad del usuario se ve claramente disminuida.

Adicionalmente, este fenómeno también afecta a la longevidad mecánica de los vehículos y se generan esfuerzos adicionales al sistema de suspensión y amortiguación de los mismos al paso por las fisuras.

### Reparación de la patología:

En este tipo de firmes, con capas tratadas con conglomerantes hidráulicos, es recomendable adoptar soluciones que retrasen o impidan la reflexión de las grietas a la capa de rodadura para que no sea necesario realizar actuaciones de reparación. Los sistemas de reparación que a continuación se describen, también son válidos para retrasar la aparición de las grietas reflejadas durante la fase de construcción de la carretera.

#### a) Colocación de mezcla bituminosa sobre el soporte fisurado

Una primera solución, es la colocación sobre el soporte fisurado de una o varias capas de mezcla bituminosa en un espesor suficiente para que las tensiones provocadas por la climatología y el tráfico puedan ser absorbidas por la mezcla. Adicionalmente, previa a la colocación de la mezcla, puede considerarse:

- Operaciones de sellado
- Tratamiento superficial mediante riegos con gravillas y microaglomerados en frío

Además existen mezclas bituminosas ricas en ligante que, por sus características permiten reducir sensiblemente el espesor total de mezcla bituminosa necesario para evitar la reflexión de las grietas de las CTCH. A este tipo pertenecen las denominadas mezclas SMA (Stone Mastic Asphalt) desarrolladas en la Norma UNE EN 13108-5 y en el Artículo 544 del vigente PG3 en España (O.C. 3 – 2019).

#### b) Técnicas de interposición

Un segundo grupo de soluciones antifisuras es el constituido por los recrecimientos asfálticos asociados con una técnica de interposición, entre las que se pueden utilizar las siguientes:

- Firme inverso
- Geomallas y geotextiles impregnados
- Sistemas intercapa

Adicionalmente, cabría reseñar como solución una técnica, bastante conocida y empleada en España, como es el reciclado in situ con emulsión bituminosa. Adecuadamente diseñada y ejecutada, puede resultar muy eficaz, tanto por prestaciones como por su viabilidad económica.

En cualquier caso y mientras se adopta alguna técnica de reparación de la patología, es recomendable el sellado de las grietas reflejadas, una vez que aparecen en la capa de rodadura, para evitar la entrada de agua hacia las capas inferiores del firme.

### Acciones preventivas:

Durante el proceso de construcción de firmes que contemplan el empleo de CTCH, la principal precaución a considerar es limitar los movimientos en las fisuras o juntas reduciendo la longitud de las losas (técnicas de prefisuración eficaces) y de limitar los cambios térmicos en las CTCH, mediante suficiente espesor de mezclas ("abrigo" térmico) a la vez que las mezclas situadas encima de las CTCH deben tener una adecuada resistencia a la fisuración. Adicionalmente a este criterio general, pueden considerarse secciones de firmes alternativas, en cualquier caso considerando en su estructura el empleo de CTCH.



Sellado de grietas reflejadas existentes

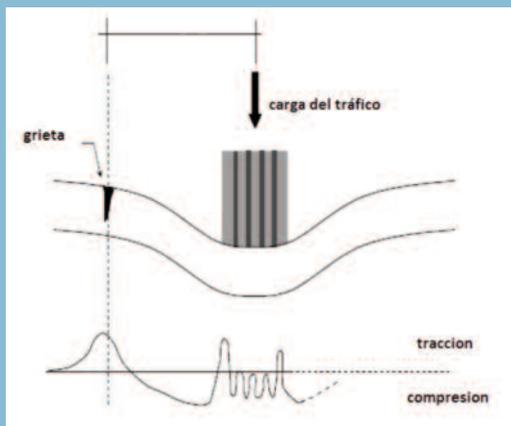
Denominación de la patología: 08 GRIETAS GENERALIZADAS SIN DEFORMACION



Fisuración descendente longitudinal y posteriormente con fisuras transversales en todo el pavimento

Descripción de la patología:

Este tipo de grietas se caracterizan por ser generalmente longitudinales y rectilíneas, aunque con alguna pequeña sinuosidad (que las diferencia de las grietas constructivas, punto 5.9), aparecen en la capa de rodadura y se propagan hacia abajo, denominándose también fisuración descendente o Top-Down Cracking (en inglés), situándose normalmente a ambos lados de las rodadas de los vehículos pesados. Posteriormente, en una segunda fase, aparecen algunas fisuras transversales entre las grietas longitudinales, pudiendo llegar a aparecer una fisuración generalizada del pavimento. Se diferencia, en este caso, de la patología denominada "piel de cocodrilo" porque en este segundo caso suele haber deformación del firme con hundimiento, mientras que cuando se trata de fisuración descendente, no hay deformación superficial.



Esquema de la producción de grietas y fisuras descendentes



Fisuración descendente en pista de aeropuerto

Causas de la patología:

Esta patología se suele producir por una combinación de baja resistencia o capacidad de deformarse a esfuerzos de tracción de la mezcla bituminosa de la capa de rodadura y por la aparición de esfuerzos de tracción en la superficie del firme.

La falta de resistencia a tracción o la excesiva rigidez de la mezcla bituminosa pueden producirse por alguna de las causas siguientes:

- **Baja cohesión interna de la mezcla bituminosa por segregación y heterogeneidad del árido grueso y escasez de mástico en algunas zonas.**
- **Bajo contenido de ligante.**
- **Mezcla con mayor contenido de huecos (por mal diseño o por deficiente compactación).**
- **Bajas temperaturas en la superficie del pavimento (especialmente en época invernal).**
- **Envejecimiento de la mezcla bituminosa, que la vuelve más frágil.**

La aparición de esfuerzos de tracción en la superficie del pavimento se puede deber a la acción de las cargas del tráfico canalizado, como se ve en el gráfico adjunto.

### Incidencia de la patología en la vía y en los usuarios:

La presencia superficial de este tipo de grietas facilita la entrada de agua en el firme lo que supone una pérdida de capacidad estructural del conjunto y puede llegar a afectar incluso al cimiento del mismo.  
Por otro lado y si el agrietamiento se generaliza, pueden producirse pequeños desprendimientos de zonas rotas y el consiguiente bache, con el riesgo que esto supone para los usuarios.  
La rodadura sobre este pavimento es incomoda, ruidosa y puede resultar incluso peligrosa en época de lluvia con presencia de agua en superficie.

### Reparación de la patología:

En función del grado de agrietamiento la reparación es diferente.  
En fase inicial de aparición de la grieta es conveniente proceder a su sellado para evitar la entrada del agua hacia las capas inferiores y para favorecer un mejor comportamiento a los esfuerzos de tracción descritos como causa de este tipo de fisuración.  
Cuando la fisuración se ha generalizado, es necesario proceder a colocar una nueva capa de mezcla bituminosa sustitutiva de la que se ha agrietado.  
En este caso, una buena solución es utilizar técnicas de reciclado de pavimentos, bien in situ o bien con reciclado en planta asfáltica.  
Otra posible solución, en cualquier caso, consiste en la colocación de un tratamiento superficial mediante un microaglomerado en frío que permite impermeabilizar la capa de rodadura y facilitar un pavimento más como y seguro. Es una solución temporal pero, por su economía, es una buena solución antes de que la degradación del firme vaya a más.

### Acciones preventivas:

Teniendo en cuenta que los esfuerzos de tracción que aparecen en el firme y especialmente en la capa de rodadura y que se han descrito anteriormente, no es posible eliminarlos, las actuaciones preventivas deben ir encaminadas a mejorar el comportamiento de la capa de mezcla bituminosa en presencia de este tipo de tensiones.

Las actuaciones preventivas son las siguientes:

- **Correcto diseño de la mezcla bituminosa y su puesta en obra para evitar segregaciones del árido grueso, para que la mezcla compactada tenga el contenido de huecos óptimo para la mezcla bituminosa elegida.**
- **Utilización de mezclas bituminosas ricas en ligante, sin riesgo de deformaciones plásticas, especialmente en aquellas carreteras sometidas a condiciones climáticas extremas y con elevadas cargas del tráfico pesado.**
- **Utilización de ligantes modificados con polímeros que tienen un mejor comportamiento en cuanto a su susceptibilidad térmica, con un buen comportamiento tanto a baja como a elevada temperatura.**

Las mezclas bituminosas de los tipos SMA 8, SMA 11 y BBTM 11 A, permiten fabricar mezclas ricas en ligante para capas de rodadura sin riesgo de deformaciones plásticas, especialmente si se utilizan betunes modificados con polímeros y se incorpora algún aditivo estabilizante del tipo fibra de celulosa.



Agrietamiento descendente generalizado con inicio de pérdida de material. Procede colocar una nueva capa de mezcla bituminosa



Grietas descendentes iniciándose, que deberían sellarse