

PATOLOGÍAS DE LOS PAVIMENTOS.

ENTREGA 02.

Andrés Costa

Excoordinador Grupo 1 de ASEFMA

3.- MATERIALES BITUMINOSOS PARA REPARACION DE FIRMES

En función del tipo de patología que se haya producido en el firme, de su causa, de su tamaño y de su influencia en la comodidad y seguridad de los usuarios, la reparación de la misma es diferente y la técnica de pavimentación y material bituminoso a utilizar es distinta. Así mismo, en general, siempre es posible utilizar dos o más técnicas bituminosas para reparar cualquiera de las patologías que se han descrito en este documento.

En principio, para la realización de estas reparaciones, se utilizan todas las técnicas de pavimentación, las mezclas asfálticas y los tratamientos superficiales prescritos en la normativa vigente, Pliego de Prescripciones técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) y las técnicas de reciclado de pavimentos recogidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras (PG-4) del Ministerio de Fomento, así como cualquier otro tipo de pavimento bituminoso prescrito en alguno de los Pliegos de Prescripciones Técnicas de las Comunidades Autónomas actualmente vigentes.

También se utilizará la serie de normas UNE relativas a las mezclas bituminosas en caliente, UNE EN 13108 (familias de mezclas) y UNE EN 12697 (normas de ensayo para mezclas), y las normas UNE relativas a las lechadas bituminosas y microaglomerados en frío (actual denominación para el PG-3), UNE EN 12273 (especificaciones) y UNE EN 12274 (métodos de ensayo y criterios para el marcado CE de las mismas). Los Artículos del vigente PG-3 del Ministerio de Fomento que describen y prescriben estas técnicas son los siguientes:

- *Riegos de imprimación (Artículo 530 del PG-3).*
- *Riegos de adherencia (Artículo 531 del PG-3).*

- *Riegos de curado (Artículo 532 del PG-3).*
- *Microaglomerados en frío (antes denominado lechadas bituminosas) (Artículo 540 del PG-3).*
- *Mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso (Artículo 542 del PG-3).*
- *Mezclas bituminosas para capas de rodadura. Mezclas drenantes y discontinuas (Artículo 543 del PG-3).*
- *Reciclado in situ con emulsión de capas bituminosas (Artículo 20 del PG-4).*
- *Reciclado in situ con cemento de capas del firme (Artículo 21 del PG-4).*
- *Reciclado en central en caliente de capas bituminosas (Artículo 22 del PG-4).*

Además de estas técnicas, prescritas en la normativa vigente, existen técnicas bituminosas no incluidas en el PG-3 y PG-4 que por sus características, prestaciones y experiencia en su utilización, se pueden y deben utilizar en la reparación de las patologías de los firmes que se han descrito en este documento. En este apartado podemos incluir las técnicas siguientes:

- *Tratamientos superficiales mediante riegos con gravillas.*
- *Sellado de grietas.*
- *Grava emulsión.*
- *Mezclas bituminosas en frío.*
- *Mezclas bituminosas fabricadas a menor temperatura con betún o con emulsión (las mezclas semicalientes con betún asfáltico ya se han recogido en los Artículos 542 y 543 del vigente PG-3).*
- *Mezclas bituminosas del tipo SMA (Norma UNE EN 13108-5).*
- *Reciclado en caliente in situ.*
- *Reciclados templados con emulsión.*

Respecto a los tratamientos superficiales mediante riegos con gravillas, las lechadas bituminosas, la grava emulsión y las mezclas en frío, es recomendable utilizar los Pliegos de Prescripciones Técnicas de estos procedimientos de pavimentación, que han sido elaborados por la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB) y que están disponibles en la página Web de la Asociación (<http://www.ateb.es/>).

Para la selección de la metodología de reparación deben tenerse en cuenta criterios técnicos, criterios económicos y criterios medioambientales desde el punto de vista de la sostenibilidad. En este sentido, las técnicas que mayor incidencia tienen en este último aspecto son las siguientes:

- **EMPLEO DE MATERIAL RECICLADO PROCEDENTE DE PAVIMENTOS ENVEJECIDOS.**
- **UTILIZACION DE POLVO DE CAUCHO DE NEUMATICOS FUERA DE USO (NFU).**
- **PROCEDIMIENTOS PARA REDUCIR LA TEMPERATURA DE FABRICACION Y PUESTA EN OBRA DE LA MEZCLA BITUMINOSA.**

Por ello, en todos los casos es recomendable, siempre que técnicamente sea posible y los pliegos de prescripciones técnicas lo permitan (hay algunas prohibiciones en carreteras y en aeropuertos en función del tipo de carretera o área del aeropuerto), utilizar cualquier técnica de reciclado, en frío o en caliente, que permita el aprovechamiento del firme deteriorado y que es necesario retirar para la reparación. En algunos casos esta recomendación no es aplicable, como el caso de los pavimentos con deformaciones plásticas, cuando el problema se ha producido por una alteración de las características de la mezcla bituminosa por contaminación de la misma (combustibles), etc. En este caso no es adecuado reutilizar la mezcla fresada y retirada pues sus componentes alterados pueden empeorar las propiedades y prestaciones de la mezcla bituminosa nueva así fabricada.

Así mismo, deberán utilizarse, si es posible, cualquiera de las otras dos soluciones indicadas, como son el polvo de caucho de neumáticos fuera de uso, por cualquiera de los procedimientos existentes o la fabricación y puesta en obra de las mezclas a menor temperatura.

4.- PATOLOGIAS DE LOS FIRMES

4.1.- Definición

Se puede definir como patología de un firme a la pérdida de alguna de sus propiedades, de tipo estructural o de tipo funcional, afectando a la comodidad y seguridad de los usuarios y a las características resistentes del firme, disminuyendo la vida de servicio del mismo.

El deterioro de un firme se inicia inmediatamente después de su construcción y puesta en servicio, por la acción combinada de los factores pasivos (diseño del firme, materiales utilizados en las distintas capas y proceso de construcción del mismo) y los factores activos (acción del tráfico y condiciones climatológicas).

Las distintas capas del firme están formadas, en general, por materiales sensiblemente distintos, con comportamientos diferentes ante las sollicitaciones que soportan y de la forma en que evolucionan, influyendo en la degradación del firme.

La explanada está formada, en la mayoría de los casos, por materiales granulares que, bajo la acción de las tensiones que llegan hasta ella, pueden sufrir lentos procesos de pérdida de capacidad portante y deformaciones (manifestadas en forma de asentamientos). También puede verse afectada por cambios de humedad por agua procedente de la superficie (a través de posibles grietas) o del terreno subyacente (nivel freático alto o bien por una mala ejecución o bien por un mal mantenimiento del sistema de drenaje construido, o por ambos motivos conjuntamente).

Las deformaciones pueden ser permanentes y transmitirse a la superficie del firme haciéndole perder la regularidad superficial y dando lugar a alguna de las patologías que se describirán más adelante.

En el caso de las capas de base y de subbase, si están formadas por materiales granulares, no soportan esfuerzos horizontales y tienen limitado su capacidad de soportar esfuerzos verticales. La repetición de este tipo de cargas suele producir dos fenómenos distintos. Por un lado una cierta sobrecompactación de la capa, que puede manifestarse por una deformación permanente que, si se transmite a la capa de rodadura, modificará la regularidad superficial. Por otro lado se producen deformaciones elásticas que pueden aumentar con la repetición de cargas hasta llegar a producir la rotura por fatiga de la capa. Esto se suele manifestar por la aparición de deformaciones verticales permanentes que al transmitirse a las

capas superiores, especialmente si son de mezclas bituminosas, pueden dar lugar a la formación de deformaciones permanentes en la rodadura (perdida de regularidad superficial) o dar lugar a la formación de grietas que se van transmitiendo hasta la superficie dando lugar a algunas de las patologías que se describirán más adelante en este Coleccionable.



Figura 7. Aspecto de distintas patologías en una carretera.

En los firmes semirrígidos estas capas están formadas por materiales granulares conglomerados con un ligante hidráulico. Estos materiales son bastante rígidos, con módulos de elasticidad altos, que soportan bastante bien los esfuerzos verticales de compresión y tienen limitada su resistencia a tracción.

Estas capas se suelen agrietar por dos tipos de procesos diferentes: por un lado los movimientos de retracción-dilatación debidos a fraguados y cambios térmicos, que se suelen transmitir a las capas superiores e incluso hasta el pavimento (dando lugar a uno de los tipos de grietas que se han incluido entre las patologías definidas más adelante), y por otro lado cuando el material se agota por fatiga, al superar los esfuerzos de tracción el valor máximo de resistencia del material

tratado a este tipo de esfuerzos. Las grietas en este tipo de firmes se caracteriza por aparecer en sentido longitudinal y las transversales aparecen separadas una distancia más o menos igual entre ellas.



Figura 8. Grietas reflejadas de las existentes por retracción en las capas inferiores del firme.

Por último, están las capas formadas por mezclas bituminosas, que aparecen, generalmente, desde la capa de base hasta las capas intermedia y de rodadura. Las mezclas bituminosas tienen un comportamiento viscoelástico de manera variable según la temperatura y el tiempo de aplicación de la carga, siendo más elásticas cuando es alta y más rígidas cuando la temperatura es baja. En estas capas tienen mucha influencia los factores que intervienen en la degradación de la carretera y que se han clasificado como factores pasivos (diseño del firme, materiales utilizados en estas capas y proceso de fabricación y puesta en obra de las mezclas) y factores activos (acción del tráfico y de la climatología).

Cada aplicación de carga produce una deformación vertical y otra horizontal. Parte de estas deformaciones son elásticas y se recuperan al desaparecer la carga aplicada, otra parte produce deformaciones plásticas que se acumulan y pueden llegar a producir deformaciones permanentes que modifican las características del firme construido. La rotura por fatiga se produce cuando la acumulación de daños sucesivos generados por la deformación tangencial que en la cara inferior de la capa de mezcla bituminosa produce cada ciclo de carga debido al paso del tráfico, supera un cierto valor característico de la mezcla bituminosa fabricada.

Las condiciones climatológicas (agua de lluvia y cambios de temperatura) afectan a las mezclas produciendo su envejecimiento y rigidización, pudiendo producirse un agrieta-

miento superficial de las mezclas por retracción y por los esfuerzos de tracción superficiales producidos por las cargas del tráfico.

4.2. Clasificación

Existen diversos criterios sobre la clasificación de las patologías de los firmes. Una primera opción es clasificarlas por el origen de la causa que la produce.

Según este criterio se pueden clasificar en cuatro grandes grupos:

- **PATOLOGIAS POR FIRMES INADECUADAMENTE DISEÑADOS** (en espesores o en materiales).
- **PATOLOGIAS POR FIRMES INADECUADAMENTE CONSTRUIDOS** (fallos en el proceso constructivo de todas o de alguna de sus capas).
- **PATOLOGIAS POR DEFECTOS APARECIDOS EN OTROS COMPONENTES DE LA CARRETERA DIFERENTES AL FIRME** (drenaje, terraplenes, etc.).
- **PATOLOGIAS POR FATIGA DE TODAS O DE ALGUNA DE LAS CAPAS DEL FIRME.**

En los cuatro casos, las condiciones climatológicas intervinen favoreciendo, en general, la formación y desarrollo de la patología.

Otro posible criterio de clasificación puede ser por la forma en que se manifiesta la patología. En este sentido, se pueden clasificar también en tres grandes grupos y en cada uno de ellos están las patologías siguientes:

4.2.1.- FISURACIÓN Y AGRIETAMIENTO

Aunque el concepto de fisura y el de grieta son prácticamente iguales, en los firmes de carreteras se suelen diferenciar por el tamaño, asociando a fisura las grietas de pequeña longitud y anchura. Se pueden distinguir los tipos siguientes:

- **Fisuras y grietas estructurales.**
- **Fisuras y grietas reflejadas.**
- **Fisuras y grietas generalizadas sin deformación de la rodadura.**
- **Fisuras y grietas constructivas.**
- **Fisuras y grietas parabólicas.**

4.2.2.- DEFORMACION PERMANENTE

Existen diversas causas, que se describirán al analizar las patologías correspondientes, que se manifiestan mediante la formación de deformaciones permanentes del firme que modifican la regularidad superficial influyendo, por tanto, en la comodidad y seguridad de los usuarios.

- **Roderas.**
- **Hundimiento.**
- **Blandón.**
- **Ondulaciones.**
- **Escalones.**
- **Surgencias (agua y finos).**
- **Pérdida del IRI inicial.**

4.2.3.- DEGRADACION Y DESINTEGRACION SUPERFICIAL

En este grupo se clasifican las patologías que afectan a las características superficiales del firme y que, en general, afectan de manera importante a la seguridad vial. Las patologías más representativas, de este tipo, son las siguientes:

- **Charcos en pavimentos drenantes.**
- **Pavimentos deslizantes.**
- **Arcén en mal estado.**
- **Descarnaduras.**
- **Peladuras.**
- **Exudaciones.**
- **Baches.**
- **Surgencias (finos, agua o ligante).**
- **Pérdida del IRI inicial.**
- **Patologías por vertidos superficiales.**

4.3. Influencia general en la seguridad vial

La seguridad vial depende de numerosos factores (vehículo, conductor, carretera) y entre ellos y dentro del apartado de la carretera, se puede incluir el estado de la misma.

Cuando se construye una carretera nueva o se acondiciona una ya existente, por sus características geométricas y estado del firme, presenta en teoría las condiciones óptimas para que no se produzcan accidentes, al menos por lo que es

responsabilidad de la carretera.

La acción del tráfico y la climatología y los posibles errores cometidos en el diseño de los materiales y en la fabricación y puesta en obra de los mismos modifica las propiedades estructurales y funcionales del firme construido. Estas modificaciones se suelen manifestar mediante alguna de las patologías que se describen en este Coleccionable y se pierden las características óptimas iniciales que tenía la carretera.

En este sentido son especialmente perjudiciales para la seguridad vial aquellas patologías que se manifiestan alterando las propiedades funcionales del firme construido (resistencia al deslizamiento, textura y regularidad superficial). En general todas las patologías, como suponen una modificación de las propiedades iniciales del firme, influyen negativamente en la seguridad vial. Entre las patologías que mayor influencia negativa tienen en la seguridad vial podemos incluir las siguientes:

- **Roderas:** pérdida de la regularidad superficial y, en presencia de agua por lluvia, se pueden formar charcos con alto riesgo de hidroplaneo.
- **Hundimiento:** en función de la velocidad, posible pérdida del control del vehículo.
- **Blandón:** deformación del firme con pérdida puntual de la regularidad superficial.
- **Ondulaciones:** pérdida de la regularidad superficial con afección al vehículo y al conductor.
- **Charcos en pavimentos drenantes:** pérdida de la adherencia del neumático con el pavimento y posible hidroplaneo, con pérdida del control del vehículo.
- **Pavimentos deslizantes:** facilita la pérdida del control del vehículo y el consiguiente accidente. Tiene especial importancia en las pistas de los aeropuertos por la velocidad de la aeronave en el momento de la toma de tierra y las consecuencias de una salida de pista de la misma.
- **Exudaciones:** generalmente supone una pérdida de la textura superficial y aumenta sensiblemente el riesgo de deslizamiento del vehículo y pérdida del control del mismo.
- **Baches:** en función de su tamaño pueden suponer un riesgo importante para la seguridad del vehículo y sus ocupantes. Si la rueda entra en el bache y es profundo, puede romperse con la consiguiente pérdida del

control del vehículo. Si el conductor tratar de evitar el bache, puede realizar una maniobra peligrosa para su vehículo o para los otros que circulan en su proximidad.

- **Surgencias (finos, agua o ligante):** se manifiestan por un cambio de las características superficiales del pavimento, con pérdida de la textura y de la resistencia al deslizamiento.
- **Pérdida del IRI inicial:** una mala regularidad superficial afecta al vehículo al firme de la carretera y a la comodidad y por tanto a la seguridad del usuario.
- **Patologías por vertidos superficiales:** alteran las características superficiales del pavimento con pérdida de la textura y de la resistencia al deslizamiento, su gravedad es tanto mayor cuanto mayor sea la zona afectada.

Está claro que todas las medidas que se adopten para prevenir la aparición de patologías en un firme además de la mejora económica que supone, que se analizará en un apartado más adelante de este Coleccionable, influyen de manera muy positiva en la seguridad vial de la carretera o superficie pavimentada.

5.- PATOLOGIAS. DESCRIPCION DETALLADA DE CADA PATOLOGIA.

5.1.- Patologías de roderas

5.1.1.- DESCRIPCION DE LA PATOLOGIA

Las roderas se pueden describir como deformaciones plásticas, en la capa de rodadura, que constituyen depresio-

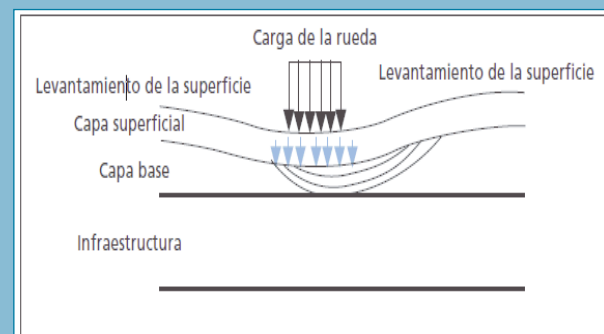


Figura 9. Mecanismo de formación de roderas en un pavimento bituminoso.

nes longitudinales del firme de considerable extensión originadas por el paso de los vehículos en el sentido de circulación. La deformación permanente que se genera a corto y largo plazo se manifiesta, también, por una fluencia lateral del material bituminoso.

5.1.2.- CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

En general las roderas se producen a consecuencia de factores como son densidad del tráfico y altas temperaturas, combinados con un diseño deficiente de la mezcla bituminosa empleada. Las causas de las deformaciones plásticas que pueden dar lugar a la formación de roderas son las siguientes:

- Inadecuado contenido de huecos ya sea por defecto (menos del 3%) o por exceso (mayor del 8%).

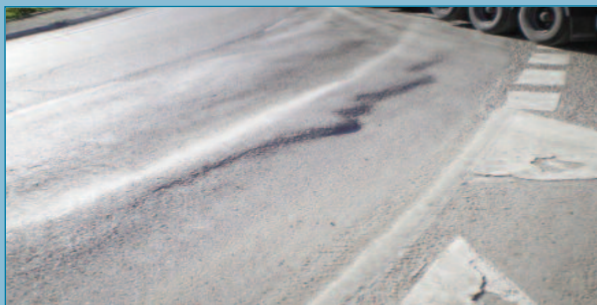


Figura 10. Roderas con deformación plástica de la mezcla bituminosa.

- Deficiencias en el diseño de la mezcla.
 - Empleo de un ligante no adecuado a las solicitaciones del tráfico
 - Contenido de arena natural
 - Existencia de partículas minerales redondeadas
 - Bajo contenido de filler
- Posible contaminación de la mezcla con combustibles en zonas de tráfico muy canalizado (carril bus).



Figura 11. Deformación por vertido de combustibles que altera sensiblemente la mezcla bituminosa.

- Insuficiente estabilidad del material todavía caliente cuando se ha permitido el paso anticipado del tráfico.
- Excesiva consolidación bajo tráfico de las capas del firme.
- Tiempo de aplicación de la carga más prologado que el previsto. Las mezclas bituminosas tienen respuestas más elásticas a las cargas de corta duración y menos elásticas a las cargas lentas. Por ésta razón, las deformaciones plásticas se presentan sobre todo en las rampas y en otras zonas de tráfico lento.

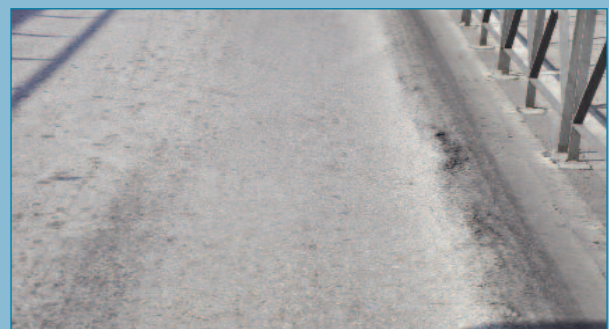


Figura 12. Deformación por cargas elevadas aplicadas lentamente sobre el firme.

- Insuficiente dureza del árido que provoca fenómenos de atrición y formación de finos con la consiguiente disminución del contenido de huecos.
- Capa de excesivo espesor en función del tamaño máximo del árido.

Atendiendo a todas estas posibles causas que pueden generar la aparición de roderas, se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Roderas con desplazamiento plástico, formadas por una depresión cerca del centro de la carga aplicada y con elevaciones a cada lado de la depresión. Este tipo de rodera está causado generalmente por insuficientes huecos en la mezcla (menos del 3%) o por la utilización de un ligante inadecuado o por contaminación de la mezcla con combustibles en carriles de tráfico canalizado (BUS). En este caso, una sobrecompactación ocasiona que el ligante rellene los huecos entre las partículas.
- Roderas por consolidación. Son unas depresiones cerca del centro de la carga aplicada sin el acompañamiento de las elevaciones laterales. Estas roderas se producen generalmente por un exceso de huecos con falta de estabilidad de la mezcla.
- Roderas por deformación mecánica. Es el resultado de

un asentamiento de las capas inferiores que puede acompañarse de grietas en las capas de pavimento. Este fallo ocurre cuando la estructura del pavimento no está bien proyectada o construida. Patología similar a la denominada “Piel de Cocodrilo”.



Figura 13. Rodera formada por asentamiento de las capas granulares inferiores del firme.

5.1.3.- INCIDENCIA DE LA PATOLOGÍA EN LA VÍA Y EN USUARIO

La aparición de las roderas en un firme presenta incidencias en la propia vía de circulación que repercuten en la seguridad y confort del usuario de la carretera.

La afección sobre la vía se traduce en deformaciones que provocan situaciones entre las que se pueden citar:

- Superficies irregulares que a medida que transcurre el tiempo provoca una deformación total de la superficie de la calzada dificultando el uso de la vía.



Figura 14. Evolución de una zona de rodera con el paso del tiempo y del tráfico.

- En épocas de lluvia la irregularidad en la superficie que provoca la rodera origina la acumulación de agua dando lugar a la posible existencia de hidropneumático que, en condiciones de bajas temperaturas, puede dar lugar a la formación de placas de hielo.

En cuanto al efecto que esta patología puede repercutir

en el usuario se relacionan con las incidencias generadas en la propia vía y que influyen en la seguridad y confort del usuario:

- La irregularidad de la superficie provoca que en la conducción, sobre todo a altas velocidades, origine una pérdida de adherencia entre el pavimento y el neumático ocasionando la posible salida de la vía.
- También, en el caso de la acumulación de agua, el hidropneumático provoca la disminución del contacto con la superficie provocando la salida del vehículo de la vía.
- Además las irregularidades de la superficie muestra una conducción incómoda para el usuario tanto por los balanceos como por el ruido generado por la diferencia de nivel.

5.1.4.- REPARACIÓN DE LA PATOLOGÍA

Detectada la rodera, una de las actuaciones a realizar para su reparación es la evaluación de la patología y para ello, las actividades a realizar serían las siguientes:

- Comprobación visual de la extensión de la rodera.
- Comprobar las condiciones de tráfico y de temperatura de la zona de manera que se pueda evaluar si las causas de la deformación están relacionadas por alguno de estos dos factores.
- Extracción de testigos tanto de la zona de la rodera como de la zona donde no existe deformación para comprobar hasta dónde llega el efecto de la patología, ya sea sólo en la capa de rodadura o se extiende a capas inferiores.
- Sobre los testigos se determinarán características como densidad y contenido de huecos, para poder conocer el grado de compactación, así como también la granulometría, para poder determinar el contenido de finos que forman parte de la composición de la mezcla y también se comprueba las características de los áridos. Por otro lado se determinará el contenido de ligante, así como sus propiedades tras su extracción y caracterización.

Con la extracción de probetas paralelepípedicas se podrá determinar la medida de deformación permanente a través del ensayo de pista.

Métodos de medida

La forma más habitual para la evaluación de la patología consiste en la comprobación de la profundidad de la rodera, medida realizada con una regla colocada transversalmente tomando datos cada 100 m ó más.

Existe otro método de medida más sofisticado que realiza las medidas con una mayor precisión y que se conoce con el nombre de **Road Surface Tester (RST)**.

Se trata de un equipo de auscultación de firmes de gran rendimiento mediante tecnología láser con una frecuencia de muestreo del perfil longitudinal cada 10 cm. Durante la medida se hace una corrección eliminando automáticamente la influencia de la textura, baches y fisuras detectando la profundidad de las roderas en todo el ancho de la calzada. Se consiguen valores de la media y de la desviación estándar del perfil transversal.

La versatilidad del sistema permite ensayar en cualquier condición de tráfico, desde muy congestionado (a baja velocidad) a tráfico rápido (hasta 90 km/h) sin que la medida resulte afectada.

Los datos obtenidos se procesan mediante convertidores analógicos digitales y tarjetas especiales (SPC) constituidas por circuitos integrados que realizan los cálculos en tiempo real.

La reparación de una superficie con una patología de roderas puede tener diferente solución en función de la extensión de la deformación detectada así como si la actuación a realizar es provisional o definitiva.

Actuación provisional

Esta reparación se realizaría sobre una rodera de poca extensión, en zonas localizadas y con una deformación poco pronunciada.

La actuación consistirá en el levantamiento de la zona afectada, procediendo a continuación a la aplicación de un riego de adherencia seguido de un microaglomerado en frío o una mezcla bituminosa en caliente de pequeño espesor.

Si la patología se ha producido por deformación plástica, se deberá eliminar el total del espesor de la mezcla afectada.

Actuación definitiva

Esta reparación se realizaría sobre una rodera de gran extensión y con una deformación pronunciada, llegando incluso a afectar a las capas inferiores a la de rodadura, tras ser evaluado en los estudios realizados sobre testigos extraídos de la zona.

La actuación consistirá en un levantamiento de toda la capa de rodadura mediante fresado realizando posteriormente el extendido de una mezcla bituminosa en caliente, en tantas capas como sean necesarias, en función de la cantidad de material retirado hasta completar el espesor del firme inicial.

El tipo de mezcla bituminosa estará diseñada en función del tipo de tráfico, y temperaturas de la zona teniendo en cuenta tanto el porcentaje de ligante a emplear así como el tipo sea más adecuado (convencional o modificado). Además en el caso que sea posible se podrá reutilizar el material reciclado extraído tras un estudio minucioso de las características del mismo.

Según la causa de la deformación, el material bituminoso fresado podría ser utilizado en la fabricación de nuevas mezclas bituminosas. Se deberá realizar un estudio minucioso de la calidad y características del material fresado antes de su reutilización.

5.1.5.- ACTUACIONES PREVENTIVAS

Para que sobre un pavimento no se produzca la aparición de roderas es conveniente tener en cuenta una serie de acciones preventivas que con su aplicación evitaría la aparición de esta patología. Estas acciones preventivas son entre otras las siguientes:

Diseño de la mezcla

- Realizar un estudio de la zona de extendido de la mezcla bituminosa evaluando tipo y categoría de tráfico y condiciones meteorológicas de la zona
- Diseñar el tipo de mezcla bituminosa adecuada a las sollicitaciones del firme tanto para la capa de rodadura como para la capa inferior, en cuanto a características de los materiales así como a sus proporciones.

Materiales

- Empleo de materiales de calidad como son áridos con dureza elevada procedentes de la trituración, evitando los áridos con caras redondeadas. Para el caso de los ligantes convencionales se utilizarán aquellos que sean adecuados a la zona térmica, así como el empleo de betunes modificados en los casos en que por motivos del tipo de tráfico así se requiera.

- Empleo de filleres de calidad

Extendido y puesta en obra

- Compactación adecuada hasta conseguir la densidad de proyecto determinada en la fórmula de trabajo evitando tanto una compactación deficiente, que provocaría un contenido de huecos por encima de lo definido en la fórmula de trabajo, como una sobrecompactación disminuyendo el porcentaje de huecos.