

ra 4 recoge las zonas pluviométricas lluviosa y poco lluviosa.

En la zona pluviométrica poco lluviosa podrá excepcionalmente utilizarse mezcla drenante en tramos de pequeña pendiente longitudinal (inferior a 1,5%) en los que además el régimen de precipitación sea corto, pero intenso, durante un número significativo de días al año; la longitud pavimentada con mezcla drenante no deberá ser inferior a 500 m.

Con el fin de mejorar la seguridad y la comodidad en tiempo de lluvia, en autopistas y autovías urbanas y periurbanas con intensidad de tráfico superior a diez mil vehículos al día (IMD > 10.000 vehículos/día), podrán utilizarse mezclas drenantes, previa justificación, teniendo en cuenta los criterios establecidos anteriormente, y siempre que las características climáticas, de trazado y de tráfico lo aconsejen.

## 9. Rehabilitación estructural de firmes que tengan pavimento bituminoso

9.1 Planteamiento básico.—Entre las posibles soluciones de rehabilitación estructural de firmes que tengan pavimento bituminoso, básicamente se considerarán los tipos de actuación siguientes entre los indicados en el apartado 7.2:

Eliminación parcial de una parte del firme existente y reposición con mezcla bituminosa hasta la misma cota que la superficie original del pavimento existente.

Recrecimiento mediante mezclas bituminosas o mediante pavimento de hormigón.

Combinación de los dos tipos de actuación anteriores, incluyendo las técnicas de reciclado de materiales de acuerdo con lo expuesto en el apartado 7.4.

Por consideraciones ambientales y de reutilización de los materiales existentes en los firmes y pavimentos, en actuaciones cuya superficie de rehabilitación sea superior a 70.000 m<sup>2</sup>, se deberán tener en cuenta en el análisis de las soluciones las técnicas de reciclado con las limitaciones y prescripciones indicadas en el apartado 7.4.

No se considerará como solución general de rehabilitación estructural la demolición y reconstrucción total del firme en toda la longitud, que deberá reservarse sólo para zonas o tramos muy excepcionales.

Los tres tipos de solución se dimensionarán siguiendo lo establecido en los apartados 9.3, 9.5 y 9.6.

Previamente a la ejecución de cualquier tipo de rehabilitación generalizada, se sanearán los blandones y zonas singulares de longitud inferior a 100 m, de acuerdo con lo que se indica en el apartado 9.2. También se cumplirá lo dispuesto en el apartado 9.4 sobre el sellado de las grietas de reflexión o de otro origen no estructural.

Los recrecimientos podrán también realizarse con materiales distintos a las mezclas bituminosas en determinados casos, de acuerdo con lo indicado en el apartado 9.7.

### 9.2 Reparación previa de las zonas singulares.

9.2.1 Determinación de las zonas singulares.—Son zonas singulares las que presentan una falta de capacidad estructural que afecta a la explanada o tiene su origen en ella. Suelen presentarse superficialmente como deterioros localizados, de pequeña longitud (inferior a 100 m) y con un aspecto visual sensiblemente diferente al existente con carácter general en el resto del tramo.

A efectos prácticos, si no se dispusiera de un estudio específico del tramo que demuestre lo contrario, se entenderá que el agotamiento estructural afecta a la explanada no sólo en las zonas localizadas de blandones, detectadas visualmente, sino también cuando para la

categoría de tráfico pesado correspondiente el valor de la deflexión patrón en un punto determinado supere los valores indicados en la tabla 2.

TABLA 2

Umrales del valor de la deflexión patrón ( $10^{-2}$  mm) para los que se considera que el agotamiento estructural afecta a la explanada

#### 2.A Firmes flexibles y semiflexibles

Categoría de tráfico pesado					
T00	T0	T1	T2	T3	T4
100	125	150	200	250 (*)	300 (*)

(\*) excepto en antiguas carreteras que actualmente son vías de servicio de autopistas y autovías interurbanas, cuyo umbral será 200.

#### 2.B Firmes semirrígidos

Categoría de tráfico pesado		
T00 y T0	T1 y T2	T3 y T4
75	100	125 (**)

(\*\*) excepto en antiguas carreteras que actualmente son vías de servicio de autopistas y autovías interurbanas, cuyo umbral será 100.

Las zonas singulares de longitud mayor o igual a 100 m, en las que las deflexiones superen los valores indicados en la tabla 2, se considerarán, a todos los efectos, zonas de estudio especial a las que será aplicable el apartado 9.9.

En el caso de firmes semirrígidos, si se detectase surgencia de finos a través de las grietas o de las juntas del pavimento o movimiento de las losas, se procederá a la reparación de las zonas afectadas hasta la profundidad necesaria, o bien se estabilizarán las losas mediante inyección.

9.2.2 Criterios de proyecto.—Debe tenerse en cuenta que, en la mayoría de las ocasiones, las deflexiones excesivas en zonas de desmonte suelen tener su origen en defectos de drenaje, situación que también se puede producir en terraplenes en zonas bajas donde no tienen salida las aguas; en ambos casos deberá corregirse el drenaje previamente a la rehabilitación. Por otra parte, puede que, aunque no se tengan valores excesivos de deflexión, existan deficiencias generalizadas de drenaje (por lo menos, en lo que al drenaje superficial se refiere) que podrían repercutir negativamente a corto plazo en la capacidad resistente del firme y que, en consecuencia, habría que corregir también.

Las zonas singulares, de longitud inferior a 100 m, en las que el agotamiento estructural afecte a la explanada, se sanearán demoliendo la totalidad del firme y excavando una profundidad de 80 cm por debajo de la cota de la explanada. En todos los casos en los que sea necesario se actuará sobre el drenaje, asegurando la salida del agua que pudiera acumularse en el fondo de la zona excavada.

La superficie de la explanada deberá quedar al menos 60 cm por encima del nivel más alto previsible de la capa freática donde el suelo sea seleccionado, 80 cm donde sea adecuado, 100 cm donde sea tolerable y 120 cm donde sea inadecuado o marginal. A tal fin

se adoptarán medidas tales como la colocación de drenes subterráneos, la interposición de geotextiles o de una capa drenante, etc., y se asegurará la evacuación del agua infiltrada a través del firme de la calzada y de los arcenes o a través de la junta entre éstos y aquélla. En todo caso, se tendrán en cuenta los criterios indicados en la normativa vigente sobre drenaje.

En el caso de que la técnica escogida para la rehabilitación del firme sea la de eliminación parcial y reposición, en firmes semirrígidos la excavación realizada se rellenará con zahorra artificial hasta la cota de la explanada, y sobre ella se extenderá una mezcla bituminosa hasta enrasar con la superficie del pavimento. En firmes flexibles y semiflexibles se rellenará con zahorra artificial hasta la cota inferior de la mezcla bituminosa del firme adyacente y sobre ella se extenderá una mezcla bituminosa hasta alcanzar la superficie del pavimento.

En todos los casos se preverá el drenaje necesario para la salida del agua que se pueda acumular en el fondo de la zona excavada y, si se juzga necesario, se completará la solución con medidas de prevención de una posible contaminación por finos arcillosos.

Otro tipo de reparaciones sólo podrá utilizarse previo estudio y justificación de su idoneidad y con la aprobación expresa de la Dirección General de Carreteras.

### 9.3 Eliminación parcial y reposición del firme existente.

**9.3.1 Criterios generales.**—Consistirá esta solución en la eliminación y retirada por medios mecánicos de los materiales que componen el firme hasta la profundidad precisa y su reposición con el mismo espesor de mezclas bituminosas. La eliminación parcial de las capas aglomeradas en firmes con pavimento bituminoso se realizará siempre mediante técnicas de fresado. En firmes muy flexibles con un espesor total de materiales bituminosos inferior a seis centímetros (6 cm) podría eventualmente considerarse el empleo de otros procedimientos.

La eliminación parcial y reposición alcanzarán a todas las zonas y capas del firme que presenten agotamiento estructural o vida residual insuficiente. Para la delimitación de la superficie y de la profundidad de esta solución se partirá de los valores de la deflexión patrón en los diferentes puntos de medida y de los resultados de una inspección visual detallada.

Se considerará que existe agotamiento estructural del firme cuando se observe en su superficie un agrietamiento de tipo estructural (zonas del carril cuarteadas en malla gruesa o fina y zonas de las rodadas con grietas longitudinales, ramificadas o no). En este caso, si no se conoce la profundidad del agrietamiento, se procederá a un reconocimiento más detallado del firme del carril mediante la extracción de testigos y la ejecución de calicatas escalonadas capa a capa. La eliminación parcial de firme y su posterior reposición deberá alcanzar la profundidad necesaria de acuerdo con lo indicado en el apartado 9.3.2, o hasta la capa cuya superficie no presente agrietamiento estructural. En todo caso, se eliminará la parte superior de la capa no eliminada (1 cm) cuando presente alteraciones que afecten a su integridad o no pueda quedar garantizada una buena adherencia con el material de reposición.

**9.3.2 Criterios de proyecto.**—Se considerará que el firme tiene una vida residual insuficiente siempre que el valor de la deflexión patrón en un punto determinado supere los umbrales indicados en la tabla 3, salvo que un estudio y análisis más específico del estado de cada tramo homogéneo justifiquen la asignación de valores distintos para dichos umbrales.

TABLA 3

**Umbrales del valor de la deflexión patrón ( $10^{-2}$  mm) para el agotamiento estructural**

#### 3.A Firmes flexibles y semiflexibles

Categoría de tráfico pesado				
T00 y T0	T1	T2	T3	T4
50	75	100	125	150 (*) 200 (**)

(\*) Firmes con espesor de pavimento bituminoso  $\geq 5$  cm

(\*\*) Firmes con espesor de pavimento bituminoso  $< 5$  cm.

#### 3.B Firmes semirrígidos

Categoría de tráfico pesado			
T00	T0 y T1	T2 y T3	T4
35	40	50	80

Según la categoría de tráfico pesado, la profundidad de eliminación parcial y de reposición del firme será la necesaria para que el espesor total de mezclas bituminosas nuevas sea, como mínimo, el indicado en la tabla 4.

TABLA 4

**Espesor total (cm) de mezcla bituminosa nueva**

**4.A Firmes flexibles, semiflexibles y semirrígidos en los que se eliminan total o parcialmente las capas tratadas con cemento**

Categoría de tráfico pesado					
T00	T0	T1	T2	T3	T4
35	30	25	20	— (*)	— (*)

(\*) Para antiguas carreteras que actualmente sean vías de servicio de autopistas y autovías interurbanas: 15 cm para T3 y 5 cm para T4.

**4.B Firmes semirrígidos en los que se conserva totalmente alguna capa tratada con cemento**

Capa que se mantiene	Categoría de tráfico pesado					
	T00	T0	T1	T2	T3	T4
Gravacemento.	20	18	18	15	12	—
Suelocemento.	27	25	20	15	12	—

En el caso en que, después de eliminar las capas agrietadas, queden mezclas bituminosas con suficiente vida útil, los espesores de éstas deberán considerarse, a efectos de dimensionamiento, si no presentan fisuración, como espesores de mezclas bituminosas nuevas, aplicando a su espesor real el coeficiente de equivalencia de 0,75.

**9.4 Sellado de grietas.**—Aunque el sellado de grietas en la superficie del pavimento debe considerarse como

una actuación específica de conservación, puede darse el caso de que en las zonas no tratadas según los criterios indicados en los apartados 9.2 y 9.3 existan grietas reflejadas o de otro origen no estructural. En este caso, se sellarán siempre que la longitud de sellado sea inferior a 3 km por kilómetro de calzada, incluso si estuviera previsto un recrecimiento en dichas zonas.

En el caso de que la longitud de sellado en el tramo fuera superior a los 3 km por kilómetro de calzada, se realizará un estudio especial para determinar sus causas y su previsible evolución, con objeto de decidir si técnica y económicamente es aconsejable sellar o es necesaria la eliminación y reposición de la capa objeto de estudio.

En los casos de firmes semirrígidos, si en las capas no eliminadas del firme existieran grietas de retracción o de reflexión de éstas, además de sanearlas y de sellarlas, se deberá estudiar la conveniencia de utilizar un sistema antirreflexión de grietas para minimizar el efecto perjudicial de dicha reflexión en la superficie del firme rehabilitado.

#### 9.5 Recrecimiento del firme existente.

9.5.1 Recrecimiento con mezclas bituminosas.—El recrecimiento consistirá en la extensión de una o varias

capas de mezcla bituminosa sobre el firme existente. La actuación se extenderá a todo el tramo definido como homogéneo y de comportamiento uniforme de acuerdo con los criterios indicados en el apartado 6.

Previamente, se procederá a la reparación de los blandones y de las zonas singulares de longitud inferior a 100 m en las que las medidas de la deflexión superen los valores de la tabla 2, de acuerdo con lo indicado en el apartado 9.2, y a sellar las grietas que eventualmente pudieran existir, de acuerdo con el apartado 9.4.

Una vez realizadas las eventuales reparaciones y sellados de grietas, se procederá al recrecimiento con el espesor de mezcla bituminosa indicado en la tabla 5 en función de la deflexión de cálculo ( $d_c$ ) y de la categoría de tráfico pesado.

Si se considera conveniente, como medio de optimización de las soluciones de rehabilitación estructural, la división de las categorías de tráfico pesado T3 y T4 en las subcategorías (T31, T32, T41 y T42) indicadas en el apartado 5.3, el espesor mínimo de recrecimiento con mezcla bituminosa para cualquier tipo de firme existente será el indicado en la tabla 5.C.

**TABLA 5 - ESPESOR(\*) (cm) DE RECRECIMIENTO CON MEZCLA BITUMINOSA  
5.A - FIRMES FLEXIBLES Y SEMIFLEXIBLES**

DEFLEXIÓN DE CÁLCULO (d <sub>c</sub> ) (10 <sup>-2</sup> mm)	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
	T00	T0	T1	T2	T3	T4
0-40	ZONA DE ACTUACIÓN PREVENTIVA					
40-60	12	10	8			
60-80	15	12	10	8		
80-100	18	15	12	10	5	
100-125		18	15	12	8	5
125-150				18	15	10(**)
150-200				18	12(**)	6(**)
>200	ZONA DE ESTUDIO ESPECIAL					

**5.B - FIRMES SEMIRRÍGIDOS**

DEFLEXIÓN DE CÁLCULO (d <sub>c</sub> ) (10 <sup>-2</sup> mm)	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
	T00	T0	T1	T2	T3	T4
0-40	ZONA DE ACTUACIÓN PREVENTIVA					
40-50	8	6	10			
50-80	15	12	10	8		
80-125	18	15	12	10	8	5
125-150				15	12	8
150-200				18	15	10(**)
>200				18	12(**)	6(**)
	ZONA DE ESTUDIO ESPECIAL					

(\*) Valor mínimo en cualquier punto de la sección transversal del carril de proyecto.

(\*\*) Ver apartado 9.7

**TABLA 5.C - ESPESOR(\*) (cm) DE RECRECIMIENTO CON MEZCLA  
BITUMINOSA CON SUBDIVISIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO  
T3 Y T4**

DEFLEXIÓN DE CÁLCULO (d <sub>c</sub> ) (10 <sup>-2</sup> mm)	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO (**)			
	T31	T32	T41	T42
60-80	6	ZONA DE ACTUACIÓN PREVENTIVA		
80-100	8	5		
100-125	10	8	6	5
125-150	12	10(***)	8(***)	6(***)
150-200	15	12(***)	10(***)	8(***)
>200	ZONA DE ESTUDIO ESPECIAL			

(\*) Valor mínimo en cualquier punto de la sección transversal del carril de proyecto.

(\*\*) Estas subcategorías no podrán utilizarse en el caso de las antiguas carreteras convertidas en vías de servicio no agrícolas de autopistas o autovías interurbanas, salvo que las características del tráfico lo justifiquen y con autorización expresa de la Dirección General de Carreteras.

(\*\*\*) Ver apartado 9.7

En las zonas de rehabilitación con recrecimiento, además de tener en cuenta los espesores mínimos indicados en la tabla 5, se deberá cumplir, en todos los casos, la condición de que el espesor total de mezclas bituminosas nuevas sea, como mínimo, el indicado en la tabla 4. A efectos de la evaluación de dicho espesor total, no se tendrá en cuenta el de las capas del firme existente que estén afectadas por cuarteo, pero sí el de las capas de mezcla bituminosa que no presenten fisuración, el cual computará aplicando a su espesor real el coeficiente de equivalencia 0,75.

Si quedan zonas de pequeña longitud relativa entre tramos sobre los que es necesario actuar, se recomienda la extensión de una capa semejante en toda la carretera, con el fin de dar continuidad a la capa de rodadura. Su espesor dependerá de su naturaleza y de la categoría

del tráfico pesado y se fijará de acuerdo con los criterios constructivos establecidos en la tabla 11 del anejo 2.

En el caso de obras de acondicionamiento o de duplicación de calzada en las que se aproveche parte o la totalidad de la calzada existente, se aplicarán los criterios de esta norma. Cuando en estos tipos de obra existan tramos situados en la zona de la tabla 5, denominada de actuación preventiva, se proyectará, en cualquier caso, una capa de rodadura según los criterios del párrafo anterior.

**9.5.2 Recrecimiento mediante pavimento de hormigón.**—El recrecimiento de los firmes de pavimento bituminoso puede realizarse también mediante un pavimento de hormigón en masa o con uno continuo de hormigón armado. En la tabla 6 se recogen los espesores mínimos de recrecimiento mediante pavimento de hormigón.

**TABLA 6**

**Espesores mínimos de recrecimiento mediante pavimento de hormigón (cm)**

Tipo de pavimento	Tipo de hormigón (*)	Categoría de tráfico pesado					
		T00	T0	T1	T2	T3	T0
Continuo de hormigón armado (**)	HF-4,5 HF-4,0	24 —	21 23	19 21			
Hormigón en masa	HF-4,5 HF-4,0 HF-3,5			23 25 —	— 21 23	— 20 22	— 18 20

(\*) La especial nomenclatura adoptada corresponde a Hormigón de Firme (HF) seguida del valor de la resistencia a flexotracción en megapascales (MPa). Estos hormigones deben cumplir las características especificadas en el artículo 550 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

(\*\*) La cuantía geométrica de las armaduras longitudinales en los pavimentos continuos de hormigón armado será del 0,7% para hormigones HF-4,5 y del 0,6% para hormigones HF-4,0.

Deberán corregirse previamente todas las irregularidades (roderas, arrollamientos, ondulaciones, etc.) que superen los 20 mm donde el recrecimiento se realice con un pavimento de hormigón en masa, valor que se reducirá a 10 mm si se utiliza un pavimento continuo de hormigón armado.

En los recrecimientos mediante pavimento de hormigón en masa las juntas se proyectarán de acuerdo con los siguientes criterios:

En las zonas en las que la anchura de hormigonado sea superior a 5 m se proyectarán juntas longitudinales de alabeo, dividiendo el pavimento en franjas aproximadamente iguales, procurando que coincidan sensiblemente con las separaciones entre carriles de circulación y evitando que lo hagan con las zonas de rodadura, con una marca vial o con un pasador. Se ejecutarán por aserrado, con una profundidad de corte no inferior al tercio del espesor de la losa.

Donde el hormigonado se realice por franjas se proyectarán juntas longitudinales de hormigonado, procurando que coincidan sensiblemente con las separaciones entre carriles de circulación y evitando que lo hagan con las rodadas o con una marca vial.

Para las categorías de tráfico pesado T1 y T2 se proyectarán, transversalmente a la junta longitudinal de hormigonado, barras corrugadas de unión de 12 mm de diámetro, 80 cm de longitud y espaciadas 1 m. Esta disposición es recomendable también para las categorías inferiores de tráfico pesado.

En el proyecto de las juntas longitudinales, tanto de alabeo como de hormigonado, se especificará su sellado por alguno de los siguientes procedimientos:

Practicando un cajeadado en el que se introducirá un cordón de algún material sintético idóneo, sobre el que se colocará un producto específico de sellado.

Mediante un perfil de material elastomérico específico, introducido a presión.

Las juntas transversales de contracción se realizarán por aserrado. La anchura de corte no será superior a 4 mm, y su profundidad no deberá ser inferior al cuarto del espesor de la losa.

Para las categorías de tráfico pesado T1 y T2, las juntas transversales de contracción se proyectarán provistas de pasadores (a la mitad de espesor de la losa, colocados transversalmente y simétricos respecto a la junta) de acero liso de 25 mm de diámetro, 50 cm de longitud y separación variable (30 cm bajo las rodadas del carril de proyecto y 60 cm en otras zonas o en el carril interior en vías de más de un carril por sentido de circulación). Estas juntas se proyectarán perpendiculares al eje de la calzada e irán separadas entre sí una longitud comprendida entre 4 y 5 m.

Para las categorías de tráfico pesado T3 y T4, se podrán proyectar juntas transversales de contracción sin pasadores a una distancia no superior a 4 m, la cual se reducirá hasta los 3,5 m en las zonas donde las variaciones diarias de la temperatura ambiente sean superiores a 20 °C. Estas juntas transversales de contracción sin pasadores se proyectarán sesgadas, con una inclinación respecto al eje de la calzada de 6:1, de forma que las ruedas de la izquierda de cada eje las atraviesen antes que las de la derecha.

Las juntas transversales de hormigonado se harán coincidir con el emplazamiento de una junta de contracción e irán siempre provistas de pasadores, siendo por ello perpendiculares al eje de la calzada.

Respecto al sellado de las juntas transversales, tanto de contracción como de hormigonado, según la zona pluviométrica (anejo 3), se especificará lo siguiente:

Zona pluviométrica lluviosa (zonas 1 a 4 del mapa de la figura 4 del anejo 3): Irán selladas como las juntas longitudinales.

Zona pluviométrica poco lluviosa (zonas 5 a 7 del mapa de la figura 4 del anejo 3): La ranura podrá dejarse sin sellar, en cuyo caso no se cajeará y se alojará en ella a presión un cordel inmediatamente después de serrar; antes de abrir a la circulación se extraerá el cordel y se limpiará la junta.

Se proyectarán juntas transversales de dilatación ante estructuras o en zonas donde pudiera estar impedido el movimiento de las losas del pavimento. En estos casos se estudiará el diseño específico de dichas juntas.

En curvas de radio inferior a 200 m será precisa la realización de un estudio especial sobre la disposición de juntas transversales de contracción o de dilatación, con el fin de limitar las posibles tensiones que pudieran producirse por efecto de las temperaturas. A falta de dicho estudio, en la mayoría de los casos suele ser suficiente con la disposición de juntas de dilatación, al comienzo y al final de la curva, manteniendo la longitud de las losas adoptada en los tramos de mayor radio.

#### 9.6 Combinación de las soluciones de eliminación parcial y reposición y de recrecimiento.

Esta solución, que, de acuerdo con lo especificado en el apartado 7.2, deberá ser la más usual, consistirá en una combinación de la de eliminación parcial y reposición del firme existente, descrita en el apartado 9.3, y la de recrecimiento con mezclas bituminosas, según el apartado 9.5.1.

La solución de eliminación parcial del firme existente y su reposición con mezclas bituminosas (convencionales o recicladas) hasta la misma cota que la superficie original del pavimento podrá ir seguida de un recrecimiento con mezcla bituminosa extendida en toda la anchura de la calzada. Asimismo, la solución de recrecimiento con mezclas bituminosas podrá ir precedida de una eliminación parcial y reposición de firme en las zonas en que se considere necesario. El recrecimiento de los arceles, en estos casos, se ajustará a los criterios del apartado 12.7.

En ambos casos se procederá como se indica en el apartado 9.3, contabilizando en el espesor de mezclas bituminosas nuevas tanto el de la mezcla de reposición como el del recrecimiento. Las zonas del firme no afectadas por la eliminación parcial y reposición, pero sí por el recrecimiento, deberán cumplir lo indicado en el apartado 9.5.

#### 9.7 Otros tipos de rehabilitación estructural del firme existente.

En determinados casos también podrán utilizarse en el recrecimiento de firmes de pavimento bituminoso otros materiales, de acuerdo con los criterios indicados en el apartado 8.4.

En este sentido conviene tener en cuenta que las soluciones indicadas en las tablas 5.A y 5.B para las categorías de tráfico pesado T3 y T4 pueden ser las más aconsejables si la rehabilitación estructural se está proyectando en un tramo de carretera con un firme con espesor elevado de mezcla bituminosa (es el caso de antiguas carreteras que actualmente son las vías de servicio de autovías o de autopistas interurbanas en las que las dos calzadas se han construido de nuevo trazado).

Sin embargo, si el tramo en estudio tiene una menor estructura de firme, pueden resultar más adecuadas, por razones técnicas o económicas que habrá que valorar expresamente en cada caso concreto, otras soluciones de rehabilitación estructural. Puede ser el caso de algunas carreteras convencionales en servicio con una categoría de tráfico pesado T3 (T32) o T4 (T41 y T42). Entre los materiales cuyo empleo puede ser considerado, siempre que lo avale la experiencia local, cabe citar las capas granulares, las gravas tratadas (con cemento, escoria o emulsión bituminosa), así como, para las capas de rodadura, las mezclas bituminosas abiertas en frío y los tratamientos superficiales (lechadas bituminosas y riegos con gravilla).

En todo caso, para las categorías de tráfico pesado T3 (T32) y T4 (T41 y T42) en las que pueden ser recomendables soluciones basadas en el empleo de capas granulares y de mezclas bituminosas, el espesor de estas últimas no podrá estar comprendido entre 6 y 12 cm. En este tipo de solución, con una capa de base granular como elemento básico estructural, el espesor del pavimento bituminoso deberá proyectarse igual o inferior a 5 cm, y se deberá garantizar una flexibilidad suficiente, definiendo adecuadamente el tipo de mezcla bituminosa y la dotación del ligante o, si su empleo está avalado por la experiencia local, recurriendo a una mezcla bituminosa abierta en frío o a tratamientos superficiales con gravilla.

#### 9.8 Zonas de actuación preventiva.

En la zona denominada de actuación preventiva en la tabla 5 el valor de la deflexión de cálculo es menor del que se requiere para una actuación de rehabilitación estructural, al no alcanzar los umbrales de agotamiento definidos en dicha tabla. En estos casos (con la salvedad indicada en el último párrafo del apartado 9.5.1) suele ser aconsejable una actuación preventiva que prolongue la vida útil del firme antes de que la aceleración de las degradaciones obligue a una rehabilitación estructural más profunda.

Las actuaciones preventivas consistirán, en general, en recrecimientos de pequeño espesor. Para carreteras de categorías de tráfico pesado T00 y T0 únicamente se admitirá el empleo de mezclas drenantes y mezclas bituminosas discontinuas en caliente, teniendo en cuenta siempre las características de la capa de rodadura de acuerdo con los criterios constructivos establecidos en la tabla 11 del anejo 2. Para el resto de las carreteras, también podrán utilizarse tratamientos superficiales del tipo lechada bituminosa, dada la capacidad de éstos para impermeabilizar. No obstante, para carreteras con categorías de tráfico pesado T1 y T2 serán preferibles los recrecimientos con mezclas bituminosas en caliente, pues supone una mayor prolongación de la vida útil de la sección estructural del firme.

El momento adecuado para llevar a cabo una actuación preventiva se deducirá de los estudios técnicos y económicos en los que se tenga en cuenta la evolución previsible del estado del firme, de acuerdo con sus características (tipo, espesores, edad, estado, tráfico, clima, etcétera), la prolongación de la vida útil que suponen las distintas opciones de actuación preventiva y de rehabilitación, y el coste de las alternativas posibles. Suele ser conveniente intervenir a partir del momento en el que el índice de deterioro estructural (proporción de longitud de carril con respecto a la total con deterioros por agotamiento estructural) alcanza los valores indicados en la tabla 7.

TABLA 7

**Índices de deterioro estructural que hacen conveniente la actuación preventiva (\*)**

Categoría de tráfico pesado		
T00 y T0	T1 y T2	T3 y T4
> 5	> 10	> 15

(\*) Se trata de valores deseables como referencia. De forma justificada, se podrán considerar otros valores distintos, dependiendo del tipo de red existente y de la política de conservación establecida.

**9.9 Zonas de estudio especial.**—La zona de estudio especial indicada en la tabla 5 queda fuera de una solución convencional de recrecimiento, debido al elevado valor de la deflexión de cálculo. En estos casos se analizarán con detalle los motivos de esta anomalía para determinar la solución de rehabilitación más apropiada. Una vez determinados los motivos se procederá a plantear la solución, con objeto de aumentar la capacidad estructural del firme.

El estudio especial tendrá por objeto decidir entre la reconstrucción total del firme, la eliminación parcial y reposición del firme, los cajeros laterales de la plataforma, con posterior relleno y reposición del firme, o el recrecimiento con correcciones complementarias de drenaje, mejora de explanada y empleo de las técnicas de reciclado, estabilización u otras que permitan aumentar, de manera significativa, la capacidad de soporte del tramo. En cualquier circunstancia se considerará prioritaria la mejora del sistema de drenaje.

El estudio especial requerirá, en general, la extracción de testigos y la apertura de calicatas, en las que se tomarán muestras de los materiales del firme y de la explanada para su ensayo y evaluación en el laboratorio. Por otra parte, se anotarán los espesores de las capas, grado de compactación, humedad, etc., para su análisis y determinación de la solución de rehabilitación más apropiada.

## 10. Rehabilitación estructural de firmes que tengan pavimento de hormigón

**10.1 Planteamiento básico.**—En la rehabilitación estructural de firmes que tengan pavimento de hormigón se considerarán los dos tipos de actuación siguientes, entre los indicados en el apartado 7.2:

Eliminación y reposición del pavimento de hormigón.  
Recrecimiento mediante mezclas bituminosas o mediante pavimento de hormigón.

Estos dos tipos de solución se dimensionarán y realizarán siguiendo lo establecido en los apartados 10.3 y 10.4.

No se considerará como solución general de rehabilitación estructural la eliminación y reconstrucción total del firme, que deberá reservarse sólo para casos excepcionales, en los que no se pueda asegurar la estabilidad del firme existente.

Previamente a la ejecución de los recrecimientos, se realizará un estudio para determinar la causa de los deterioros y poder adoptar las medidas precisas antes de proceder a la rehabilitación estructural, a fin de asegurar que el firme existente constituya un asiento suficientemente estable para las nuevas capas.

**10.2 Reparación previa de las zonas singulares.**—Previamente a las actuaciones mencionadas en el apartado 10.1, se repararán todas las zonas del firme que presenten deterioros atribuibles a fallos de la explanada. Para su estudio se podrá recurrir a los conceptos

generales indicados en el apartado 9.2, excepto los referentes a la deflexión patrón, criterio que corresponde exclusivamente a firmes con pavimento bituminoso.

**10.3 Eliminación y reposición del firme.**—Esta solución es de aplicación exclusivamente en zonas o tramos muy localizados y consistirá en la demolición y retirada por medios mecánicos del hormigón que constituya el pavimento, así como la de otras capas del firme si fuera necesario, para posteriormente reponerlas con materiales de naturaleza semejante y de características adecuadas.

Para la delimitación de la superficie y de las capas que sea necesario demoler, se partirá de los resultados de una inspección detallada, que podrán complementarse con la extracción de testigos del firme.

Si el agotamiento estructural del firme no afectase a la explanada, y siempre que las condiciones de seguridad de la circulación vial lo permitan, se procurará proyectar la demolición y la sustitución de la capa o capas agotadas por otras de características similares a las originales, con el fin de que no se produzca una discontinuidad en la sección estructural del firme.

En el caso de haberse demolido varias capas del firme, entre ellas alguna tratada con cemento, podrán reponerse conjuntamente en una sola capa la base y el pavimento de hormigón, proyectando una solución de losa única con un espesor igual a la suma de las dos capas.

Si el agotamiento estructural afectase a la explanada, se proyectará la reparación de ésta, tal y como se indica en el apartado 10.2, procediéndose posteriormente a la reposición del firme con los criterios anteriormente mencionados.

En el caso de los pavimentos de hormigón en masa, deberán disponerse pasadores en las juntas transversales y barras de unión en las longitudinales, de acuerdo con lo establecido en el apartado 9.5.2. En el caso de los pavimentos de hormigón armado continuo, se repondrán las armaduras y se dispondrán barras de unión en las juntas longitudinales.

**10.4 Recrecimiento del firme existente.**—La solución de recrecimiento consistirá en la extensión de un pavimento de hormigón o de una o varias capas de mezcla bituminosa sobre el firme existente. La actuación se extenderá sobre todo el tramo definido como homogéneo y de comportamiento uniforme.

**10.4.1 Recrecimiento mediante pavimento de hormigón.**—En esta norma se especifican exclusivamente los criterios necesarios para realizar recrecimientos no adheridos (se trata de impedir en ellos cualquier tipo de unión con el firme existente mediante la interposición de una capa de separación). Este tipo de recrecimiento podrá proyectarse con un pavimento de hormigón en masa o con un pavimento continuo de hormigón armado.

El recrecimiento adherido únicamente podría ser utilizado sobre pavimentos en buen estado de conservación en los que fuera necesario aumentar su capacidad estructural o bien renovar sus características superficiales, debiéndose reservar su empleo a situaciones muy especiales. Su aplicación en una obra concreta deberá ser objeto de un estudio específico, previa autorización expresa de la Dirección General de Carreteras.

**10.4.1.1 Reparaciones previas.**—Antes de proceder a la extensión del recrecimiento, deberán repararse todos los desperfectos graves, tales como losas inestables, asentamientos, punzonamientos de pavimentos continuos de hormigón armado y en especial todos los problemas derivados de un mal funcionamiento del sistema de drenaje o de la falta de capacidad de soporte de las capas subyacentes, con el fin de proporcionar al recrecimiento una superficie de apoyo estable, uniforme, no erosionable y sin problemas de drenaje.