



ANEXO Nº 9

DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME



## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.
2. FIRME PLATAFORMA NO MOTORIZADA.
  - 2.1. DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME DEL CARRIL BICI.
  - 2.2. DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME DEL CARRIL BICI EN PASOS INFERIORES Y PASARELAS.
3. FIRME REMODELACIÓN DE ACCESOS.
4. FIRME REHABILITACIÓN.
5. MATERIALES DEL FIRME.
  - 5.1. CAPAS DE MATERIALES GRANULARES.
  - 5.2. MEZCLAS BITUMINOSAS.
    - 5.2.1. Firme del carril bici.
    - 5.2.2. Firme de la remodelación de accesos y rehabilitación.
  - 5.3. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES.
  - 5.4. RIEGOS DE IMPRIMACIÓN.
  - 5.5. RIEGOS DE ADHERENCIA.

## 1. INTRODUCCIÓN.

El firme debe ser capaz de cumplir las siguientes funciones:

- Proporcionar una superficie de rodadura segura, cómoda, y de características permanentes bajo las cargas repetidas del tráfico, a lo largo de un período de tiempo suficientemente largo.
- Resistir las solicitaciones del tráfico y repartir las presiones verticales debidas al mismo de forma que las tensiones actuantes sobre la explanada sean compatibles con su capacidad de soporte.
- Proteger la explanada de la intemperie y, en particular, de las precipitaciones.

El dimensionamiento de un firme conduce a la obtención de una sección del mismo que le permite cumplir adecuadamente esas funciones.

Para el dimensionamiento del firme se han tenido en cuenta las normas 6.1 y 6.2 de la Instrucción de Carreteras de la Dirección General de Carreteras sobre "Secciones de firme" de mayo de 1989, así como las recomendaciones recogidas en el "Manual de Recomendaciones de Diseño, Construcción, Balizamiento, Infraestructuras, Conservación, Señalización y Mantenimiento de Carril Bici" editado por la Dirección General de Tráfico.

Para proyectar la solución idónea de rehabilitación del firme de las vías de servicio afectadas por la remodelación de accesos se ha tenido en cuenta la norma 6.3 de la Instrucción de Carreteras de la Dirección General de Carreteras "Rehabilitación de firmes" de julio de 2005.

## 2. FIRME PLATAFORMA NO MOTORIZADA.

La pavimentación de vías ciclistas debe asegurar una conducción cómoda y segura. La comodidad exige una superficie uniforme sin baches o discontinuidades que, de existir, deberán ser de reducidas dimensiones. Por otro lado, la seguridad requiere una adherencia adecuada a la circulación ciclista.

Debido a la escasa magnitud de las cargas producidas por el tráfico ciclista, las características mecánico-resistentes exigibles implican secciones tipo de un número limitado de capas y pequeños espesores de las mismas. Sin embargo, las consideraciones sobre calidad de los materiales, espesores mínimos de trabajo e, incluso, cargas durante la construcción superiores a las de servicio, aconsejan el no ir a mínimos estrictos en el diseño del firme.

Según se establece en el "Manual de Recomendaciones de Diseño, Construcción, Balizamiento, Infraestructuras, Conservación, Señalización y Mantenimiento de Carril Bici" editado por la Dirección General de Tráfico, resulta conveniente mantener los criterios de dimensionamiento contemplados en las normas 6.1 y 6.2 de la Instrucción de Carreteras. En ella, en función de la categoría de tráfico (para la que se establecen 5 categorías) y de la capacidad portante de la explanada (para la que se establecen 3 categorías) sobre la que ha de asentarse el firme, se selecciona un firme de un Catálogo de Secciones de Firme.

En vías de baja intensidad de tráfico, como son las vías ciclistas, es suficiente con considerar una categoría de tráfico de tipo 4 (categoría que corresponde con la de menor IMD de pesados) y una categoría de explanada E1 (que se corresponde con la menos exigente). Según el citado Catálogo de Secciones de Firme, las secciones de firme numeradas desde la 411 a la 416 constituyen buenas estructuras para un carril bici.

El problema se encuentra cuando el suelo existente tuviese las características de explanada de categoría E2 o E3, de más calidad que la E1. De este modo, las secciones de firme entre las que habría que seleccionar la del proyecto serían las numeradas desde la 421 a la 426 (en el caso de categoría de explanada E2) y de la 431 a la 436 (en el caso de categoría de explanada E3).

### 2.1. DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME DEL CARRIL BICI.

Dado que el carril bici incluido en la plataforma no motorizada objeto del presente estudio informativo discurre por suelos con categoría de explanada E2, y considerando una categoría de tráfico tipo 4, nos decantamos por seleccionar la sección de firme con numeración 4221, formado por las siguientes capas:

- 5 cm de mezcla bituminosa en caliente.
- 25 cm de zahorra artificial.

Entre la capa bituminosa y la zahorra artificial se dispondrá de un riego de imprimación.

Para conseguir un mejor acabado de la superficie de rodadura y otorgar al pavimento una coloración discordante con el viario de tráfico motorizado se efectuará el extendido de una lechada bituminosa LB4 colocado sobre el pavimento bituminoso.

### 2.2. DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME DEL CARRIL BICI EN PASOS INFERIORES Y PASARELAS.

Debido al impedimento de introducir un firme con muchas capas en el interior de los pasos inferiores, ya que supondría una disminución del gálibo interior de la infraestructura, se opta por la elección de un firme constituida únicamente por la extensión de una sola capa de mezcla bituminosa en caliente con un espesor de 5 cm.

El afirmado de las pasarelas consistirá en la extensión de una capa de motero epoxi de 2 mm de espesor.

## 3. FIRME REMODELACIÓN DE ACCESOS.

Para la elección de la sección de firme a utilizar en la remodelación de accesos, debido a la inexistencia de datos referente al tráfico que circula por las vías de servicio de la carretera CV-32, se han utilizado las secciones de firme elegidas en el proyecto de construcción del "Desdoblamiento de la carretera de la Gombalda (Tramo N-221 a Massamagrell)" de la Conselleria d'Infraestructures i Transport de la Generalitat Valenciana.

Considerando una categoría de explanada E2 y una categoría de tráfico T1 se llega a la elección de una sección con numeración 121, formada por las siguientes capas:

- 30 cm de mezcla bituminosa.
- 25 cm de zahorra artificial.

Subyacentemente a la extensión de capas asfálticas se efectuarán los correspondientes riegos de imprimación y adherencia.

#### 4. FIRME REHABILITACIÓN.

La rehabilitación o renovación superficial de un firme tiene por objeto restaurar y mejorar las características superficiales del pavimento, adecuándolas a sus necesidades funcionales y de durabilidad.

Según se establece en la norma 6.3 I.C. la extensión de una capa de rodadura de mezcla bituminosa proyectada para la mejora de la regularidad superficial de un tramo de carretera, se llevará a cabo sólo si se dispone de un adecuado perfil longitudinal y transversal, así como de una suficiente capacidad estructural del firme. Teniendo una categoría de tráfico pesado T4 y un viario que cumple la función de vías de servicio agrícolas, se llega a la conclusión de utilizar una lechada bituminosa.

Para conseguir la corrección de deficiencias de regularidad superficial en cualquier tipo de pavimento, cabe la utilización de técnicas de eliminación, recrecimiento o una combinación de ambas.

Con todo lo anteriormente expuesto se concluye, con el objetivo de conseguir la máxima homogeneidad superficial en todo el tramo afectado respecto a la actuación de remodelación de accesos propuesta, que para la rehabilitación se efectuará un recrecimiento del firme constituido por una mezcla bituminosa en caliente de 5 cm de espesor.

#### 5. MATERIALES DEL FIRME.

A continuación se describen los materiales que conforman las capas de los firmes expuestos en los anteriores apartados:

##### 5.1. CAPAS DE MATERIALES GRANULARES.

Como capa de base en los firmes del carril bici y del viario en la remodelación de los accesos se empleará la zahorra artificial. Se trata de una mezcla de áridos, total o parcialmente machacados, en la que la granulometría del conjunto de los elementos que la componen es de tipo continuo.

##### 5.2. MEZCLAS BITUMINOSAS.

Las mezclas bituminosas consisten en la combinación de un ligante hidrocarbonado y áridos (incluido el polvo mineral o filler), de manera que todas las partículas de árido queden recubiertas de una película homogénea de ligante. Las mezclas en caliente se fabrican con betunes de penetración, siendo necesario

calentar el ligante y los áridos (excepto eventualmente el polvo mineral de aportación), y poniéndose en obra a temperatura muy superior a la ambiente para poder extender y compactar adecuadamente.

##### 5.2.1. Firme del carril bici.

En la capa de rodadura del firme del carril bici se empleará una mezcla semidensa tipo S-12. Este tipo de mezcla tiene un porcentaje de huecos muy pequeño, por lo que resulta prácticamente impermeable, cumpliendo de este modo la misión del pavimento de proteger a las capas inferiores del firme y la explanada de la acción del agua.

El tipo de betún asfáltico a emplear se elige en función de la capa de firme a que se destine la mezcla, de la zona térmica estival en que se encuentre y de la categoría de tráfico pesado. Así, para la zona térmica estival media y una categoría de tráfico T4 se adoptará un betún tipo B 80/100 en la fabricación de la mezcla bituminosa.

Dado que el uso exclusivo del carril es ciclista, se utilizará árido porfídico, y en cuanto al tipo de filler a emplear se tendrá en cuenta que la categoría de tráfico es T4 y que la capa de la mezcla se destina a la rodadura. Por lo tanto, el filler a utilizar en la mezcla procederá del machaqueo de los áridos.

##### 5.2.2. Firme de la remodelación de accesos y rehabilitación.

En los firmes de la calzada se utilizarán los siguientes tipos de mezcla:

- En la capa de rodadura se empleará una mezcla semidensa S-12 que, al tener un porcentaje pequeño de huecos, resulta prácticamente impermeable, cumpliendo así la misión de proteger las capas inferiores del firme y la explanada de la acción del agua.
- En la capa intermedia se empleará una mezcla semicerrada G-20 que, aún siendo menos impermeable que la anterior capa, es más barata y menos susceptible frente a fenómenos de deformación plástica.
- En la capa base se empleará una mezcla semicerrada G-25.

En cuanto el tipo de betún a emplear, considerando las mismas características que para el firme del carril bici, tenemos un betún tipo B 80/100.

En general se utilizará árido porfídico en todas las capas del firme. Por otro lado, el filler será de aportación en la capa de rodadura y de aportación en al menos un 50 % en la capa intermedia y base.

El firme a emplear en la rehabilitación del viario tendrá las mismas características que la capa de rodadura diseñada para la sección de firme de la calzada en la remodelación de accesos propuesta.

##### 5.3. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES.

El carril bici incluirá sobre la sección de firme prevista un tratamiento superficial basado en la extensión de una lechada bituminosa.

Las lechadas bituminosas para su empleo en tratamientos superficiales de mejora de la textura superficial y sellado de pavimentos, son mezclas fabricadas a temperatura ambiente con un ligante hidrocarbonado (emulsión bituminosa), áridos, agua y, eventualmente, polvo mineral de aportación y adiciones, cuya consistencia es adecuada para su puesta en obra.

Debido a que la categoría de tráfico considerado para el diseño del firme del carril bici de la plataforma ha sido el T4, para la elección de la lechada bituminosa nos lleva a la elección del tipo LB4.

La elección del tipo de emulsión bituminosa a emplear, en función de la zona térmica estival y de la categoría de tráfico, nos conduce a la adopción de un ligante bituminoso tipo EAL-2.

#### 5.4. RIEGOS DE IMPRIMACIÓN.

Consisten en la aplicación de un ligante fluido sobre una superficie no tratada anteriormente con ningún conglomerante o ligante (capa granular o explanada), previamente a la extensión sobre ésta de una capa bituminosa. Se pretende que el riego prevete ligeramente, prepare la superficie de apoyo y contribuya a la sujeción de la capa bituminosa o tratamiento superficial posteriores.

En este caso se aplicará un riego de imprimación sobre la base granular de zahorra artificial previamente a la extensión sobre ésta de la capa bituminosa. El riego se realizará a base de una emulsión especial de imprimación tipo EC1, con una dotación tipo del orden de 1'2 kg/m<sup>2</sup> de betún residual.

#### 5.5. RIEGOS DE ADHERENCIA.

Consisten en la aplicación de una pequeña cantidad de emulsión bituminosa, generalmente del orden de 0'5-0'6 kg/m<sup>2</sup> de betún residual, sobre una superficie bituminosa o tratado con un conglomerante hidráulico para conseguir su unión con otra capa bituminosa que va a ejecutarse posteriormente.

En este caso será necesario aplicar un riego de adherencia entre las capas de rodadura e intermedia, entre esta y la capa base del firme y, finalmente, entre la capa de rodadura a rehabilitar y la nueva capa de rodadura.

Para resultar adecuado, el tipo de ligante a emplear debe ser poco viscoso pero de rotura rápida, para conseguir un buen reparto con poca dotación y permitir la rápida extensión de una nueva capa. Por ello, se ha escogido una emulsión tipo ECR-1.