2. FIRMES

2.1. ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO GENERADO EN EL PSIR

La estimación del tráfico generado se realizo en el apartado V.2 Descripción de tráficos generados por el PSIR en la Memoria del presente proyecto.

2.2. CAPACIDAD Y DIMENSIONAMIENTO DE ACCESOS

El apartado V.2 Descripción de tráficos generados por el PSIR en la Memoria de Planeamiento contiene la comprobación de la suficiencia de la capacidad de los accesos al PSIR.

2.3. ASIGNACIÓN DE TRÁFICOS A LAS CALLES

A continuación se ofrece los resultados obtenidos de los cálculos anteriores, asignando a cada calle el tráfico estimado porcentualmente a la superficie de parcelas que conecta. Esto da un valor de la IMD de pesados y, consecuentemente una categoría de tráfico.

En la siguiente tabla se recogen estos valores, determinándose las circulaciones de pesados desagregadas por viales, catalogando la categoría del tráfico en aplicación de la normativa y realizando una recomendación en función de la experiencia obtenida en actuaciones similares.

Viales	Acceso a la N-634	Superficie naves	Porcentaje superficie zona	IMDp	Categoría de tráfico
Ejes 1-2-11 y15	Glorieta G-1	**151.739,11**	70%	935	T1
Ejes 3-5-6-9-12 y 13	Intersección existente	65.031,04	30%	401	T2
Ejes 0-4 y10					T41
Aparcamiento vehículos pesados					T41
Aparcamientos vehículos ligeros					T42

2.4. MEZCLAS BITUMINOSAS CON ALTO CONTENIDO DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS: TECNOLOGÍA FABRICACIÓN Y COMPORTAMIENTO

2.4.1 Descripción

Este tipo de mezclas, de reciente incorporación en el mercado, se aplicarán para la construcción de las capas de rodadura en los paquetes de firme señalados en el apartado siguiente.

Las mezclas bituminosas con betún de alto contenido de caucho de neumáticos incorporan alrededor de un 2% de peso de dicho producto en la composición de la mezcla.

Se trata de mezclas especialmente ideadas para capas de rodadura, por lo que se suelen fabricar con granulometría discontinua o drenante.

Para incorporar esta cantidad de caucho es necesario fabricar previamente un betún de alto contenido de caucho, lo que se consigue con una unidad de mezclado instalada junto a la central de fabricación de mezclas bituminosas.

El equipo se acopla fácilmente a la central y le suministra a ésta el ligante modificado que precisa en cada momento para la fabricación de la mezcla bituminosa.

Por lo demás, la puesta en obra es similar a la de otras mezclas bituminosas, sin más que destacar que son preferibles los compactadores de llanta metálica a los de neumáticos.

En cuanto al comportamiento de las mezclas bituminosas con alto contenido de caucho, cabe destacar su alta resistencia a fatiga, al envejecimiento y a la reflexión de fisuras desde la capas inferiores, todo ello debido a los altos contenidos de betún modificado que incorporan, y que sin embargo no suponen riesgo de deformaciones plásticas gracias a su alto contenido en caucho.

2.4.2 Tipología de la solución propuesta

La solución adoptada para la formación de la capas de rodadura e intermedia consta de una capa de **4** cm de mezcla bituminosa discontinua con árido calizo con un 8% de betún caucho y una capa de 3 cm de mezcla con árido calizo y pórfido fabricada con un 9% de betún caucho.

2.4.3 Ventajas

Las ventajas más destacables de esta solución son las siguientes:

- Capacidad estructural adecuada al tráfico esperado.
- Solución compatible con las aceras y accesos de las fincas urbanas a la vía.
- Disminución del nivel de ruido en el entorno de la vía. Se espera que el nivel de ruido se reduzca en varios dBA, de acuerdo en las experiencias que existen con MBC's (mezclas con betún caucho).
- Alta resistencia a la reflexión de fisuras, por su elevado contenido de ligante, alrededor del 9 sobre peso de mezcla, similar al de una arena betún.
- Buena resistencia a las deformaciones plásticas, tal y como se desprenden de los ensayos de laboratorio, y que puede atribuirse tanto a la viscosidad del ligante como al excelente esqueleto mineral de las mezclas que se utilizan.

- La mezcla bituminosa con caucho de neumáticos tiene un comportamiento mejorado frente al envejecimiento, tanto por el contenido de ligante, que permite una película de recubrimiento del árido más espesa, como por las características intrínsecas del ligante, que ha demostrado en varios estudios mayor resistencia al envejecimiento que otros ligantes convencionales.
- Buena resistencia al deslizamiento, sobre todo inicialmente. Después esta propiedad dependerá sobre todo de la naturaleza del árido grueso.
- Costes reducidos de conservación, a tenor de las excelentes características del material, lo que lleva aparejados un ratio prestaciones/costes mejorado.
- Solución óptima desde el punto de vista medioambiental, ya que aprovecha los materiales del firme existente, en la capa de reciclado, y caucho de neumáticos fuera de uso en las capas superiores.

Este hecho convierte la solución, más allá de las mejoras técnicas que introduce en el firme, en un instrumento para la gestión de los neumáticos fuera de uso, competencia que corresponde a las Administraciones Autonómicas.

Es decir, la solución propuesta reúne las ventajas funcionales de un pavimento de bajo nivel de ruido y las estructurales de resistencia a la reflexión de fisuras, con una excelente resistencia a la deformación plástica y las roderas, y de gran durabilidad, con costes de mantenimiento mínimos. La conjunción de éstas propiedades es posible gracias sólo a las características del betún caucho, con una gran viscosidad que permite utilizar contenidos de ligante altos sin riesgos de deformaciones plásticas.

2.4.4 Marco normativo para el aprovechamiento de los NFU´s

La problemática ambiental de los NFU's ha tenido su reflejo en la legislación tanto a nivel Europeo como Nacional. La primera referencia obligada es la Ley 1011998, de 21 de abril, de Residuos. Dicha ley consagra la prioridad de la reutilización o el reciclado frente a otras formas de valorización, cual puede ser la combustión con recuperación de energía (art. 1). Es el llamado Principio de Jerarquía, que afecta a todos los residuos, incluidos los NFU's.

Un año después, el 26 de abril de 1999 se publicaba la Directiva 1999/311CE, relativa al vertido de residuos. Esta reglamentación, de obligado cumplimiento por los países miembros, si menciona explícitamente los NFU's, estableciendo unas fechas límite a partir de las que se prohíbe su depósito en vertedero.

Consecuencia de esta Directiva han sido varias iniciativas autonómicas, y sobre todo el Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso 2001-2006 de 5 de octubre de 2001, impulsado por el Ministerio de Medio Ambiente. Entre los objetivos ecológicos (punto 2.2) establece la prohibición de "la eliminación de los NFU's enteros a partir del 1 de enero de 2003, lo que permitiría depositarlos en vertederos previamente troceados, pero sólo como medida transitoria puesto que también establece la prohibición de "la eliminación de los NFU's troceados a partir del 1 de enero de 2007, incluidos los NFU's ya almacenados en los vertederos o depósitos existentes".

Es decir, tanto nuestro marco europeo como el Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso, derivado del primero, obligan a nuestro país a valorizar sus NFU's. Para conseguirlo es preciso disponer de vias capaces de valorizar esas trescientas mil toneladas que se generan cada año. Por ello el Plan establece una serie de líneas encaminadas al logro

de sus objetivos (punto 2.3 del Plan). Entre ellas la que hace referencia a las Obras Publicas: "En las Obras Públicas en que su utilización sea técnica y económicamente viable se dará prioridad a los materiales procedentes del reciclaje de NFU's.

En estos casos se exigirá la inclusión de este requisito en los correspondientes Pliegos de Prescripciones Técnicas".

En consonancia con lo anterior, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, consciente de estos condicionantes, dio curso a la Orden Circular 512002 bis, en la que anima al empleo del caucho de NFU's en mezclas bituminosas cuando resulte técnica y económicamente rentable.

La Orden Circular entró en vigor el 16 de noviembre de 2002 y entre sus disposiciones cabe citar textualmente los siguientes párrafos:

- "Primero- Modificar el apartado 540.2.1 del articulo 540 – Lechadas bituminosas, del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales Para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), incluido en la OC512001, en el sentido de añadir al final del mismo el siguiente párrafo: Según lo dispuesto en el apartado 2.3.f del Plan de neumáticos fuera de uso (...) las emulsiones bituminosas a emplear podrán ser fabricadas con ligantes modificados por adición de polvo de neumáticos usados"
- Segundo- Modificar los apartados 542.2.1 del articulo 542 – Mezclas bituminosas en caliente y 543.2.1 del artículo 543 - Mezclas bituminosas discontinuas en caliente para capas de rodadura, del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales Para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), incluidos ambos en la OC512001, añadiendo el siguiente párrafo: "Según los dispuesto en el apartado 2.3.f del Plan de neumáticos fuera de uso (...) en las obras en las que la utilización del producto resultante de la trituración de los neumáticos usados sea técnica y económicamente viable se dará prioridad a estos materiales"
- Tercero- Esta Orden Circular se aplicará a los siguientes tipos de proyectos, obras y actuaciones en general:
- Proyectos de carreteras de nueva construcción, de acondicionamiento, y de reconstrucción total (...)
- Otros tipos de proyectos y obras -incluso de rehabilitación estructural- (...)".

2.5. JUSTIFICACIÓN DE LAS SECCIONES DE FIRME ADOPTADAS

La categoría de tráfico asignada a cada vía se ha realizado en función de las categorías definidas en la Instrucción 6.1 y 2 IC (1.989).

Estas categorías son:

- T00 IMDp > 4.000
- T0 4.000 > IMDp > 2.000
- T1 2.000 > IMDp > 800
- T2 800 > IMDp > 200
- T31 200 > IMDp > 100
- T32 100 > IMDp > 50
- T41 50 > IMDp > 25
- T42 IMDp < 25

Se ha tomado como referencia la Instrucción 6.1 y 2 IC (1.989) en vez de la Instrucción 6.1 (2.003) por:

- No tratarse de una carretera

• Por estar estas secciones suficientemente contrastadas con la experiencia en actuaciones similares al PSIR.

En el capítulo III de esta Memoria de Urbanización de considero como explanada de proyecto una E2 (CBR entre 10 y 20), categoría que no siempre se garantiza en la explanación general, proponiéndose la estabilización de los primeros 30 cm de explanada, previa extensión de 25 cm de zahorras. De este modo se garantiza, al menos, una explanada E2.

Y, en función de estos tráficos, y basándose en la experiencia de las obras ejecutadas en terrenos y condiciones similares a la PLA, se proponen las siguientes secciones de firmes:

Sección de firme para aglomerado T1.

Esta sección de firme se utiliza en los viarios principales que conectan con la carretera N-634, así como en todas las glorietas, a excepción hecha de la glorieta-5.

Se corresponde con la sección 121 de la Norma 6.1 IC (1.989).

Para la ejecución de las capas intermedia y de rodadura se emplearán betún de neumáticos reciclados.

La estructura del paquete de firme estará compuesta por las siguientes capas:

Capa de rodadura	3 cm Mezcla bituminosa en caliente Tipo de Betún Tipo de áridos	MB ACC 9% betún caucho calizos y pórfidos
Riego de adherencia	Emulsión Dotación	EAR-1 0.6 kg/m²
Capa intermedia	4 cm Mezcla bituminosa en caliente Tipo de Betún Tipo de áridos	MB ACC 8% betún caucho calizos
Riego de adherencia	Emulsión Dotación	EAR-1 0.6 kg/ m²
Base de aglomerado (1ª capa)	8 cm Mezcla bituminosa en caliente Tipo de Betún Tipo de áridos	MBC S-20 B 60/70 calizos
Riego de adherencia	Emulsión Dotación	EAR-1 0.6 kg/ m²
Base de aglomerado (2ª capa)	15 cm Mezcla bituminosa en caliente Tipo de Betún Tipo de áridos	MBC G-20 B 60/70 calizos
Riego de imprimación	Emulsión Dotación	EAL-1 1 kg/ m²
Base	25 cm Zahorra	ZA (25)

Sección de firme para aglomerado T2.

Esta sección de firme se utiliza en los viarios secundarios interiores al polígono, así como en la glorieta-5.

Se corresponde con la sección 221 de la Norma 6.1 IC (1.989).

Para la ejecución de las capas intermedia y de rodadura se emplearán betún de neumáticos reciclados.

La estructura del paquete de firme estará compuesta por las siguientes capas:

Capa de rodadura	3 cm Mezcla bituminosa en caliente Tipo de Betún Tipo de áridos	MB ACC 9% betún caucho calizos y pórfidos
Riego de adherencia	Emulsión Dotación	EAR-1 0.6 kg/m²
Capa intermedia	4 cm Mezcla bituminosa en caliente Tipo de Betún Tipo de áridos	MB ACC 8% betún caucho calizos
Riego de adherencia	Emulsión Dotación	EAR-1 0.6 kg/ m²
Base de aglomerado (1ª capa)	6 cm Mezcla bituminosa en caliente Tipo de Betún Tipo de áridos	MBC S-20 B 60/70 calizos
Riego de adherencia	Emulsión Dotación	EAR-1 0.6 kg/ m²
Base de aglomerado (2ª capa)	12 cm Mezcla bituminosa en caliente Tipo de Betún Tipo de áridos	MBC G-20 B 60/70 calizos
Riego de imprimación	Emulsión Dotación	EAL-1 1 kg/ m²
Base	25 cm Zahorra	ZA (25)

Sección de firme para aglomerado T41.

Esta sección de firme se utiliza en los viarios secundarios perimetrales al polígono (ejes 0, 4 y 10) así como en el área de aparcamiento de vehículos pesados.

Se corresponde con la sección 4121 de la Norma 6.1 IC (1.989).
La estructura del paquete de firme estará compuesta por las siguientes capas:

Capa de rodadura	5 cm Mezcla bituminosa en caliente Tipo de Betún Tipo de áridos	MB D-12 B 60/70 ofíticos
Riego de adherencia	Emulsión Dotación	ECR-1 0.6 kg/m²
Base de aglomerado	5 cm Mezcla bituminosa en caliente Tipo de Betún Tipo de áridos	MBC S-12 B 60/70 calizos
Riego de imprimación	Emulsión Dotación	EAL-1 1 kg/ m²
Base	30 cm Zahorra	ZA (25)

Sección de firme para aglomerado T42.

Este firme se utiliza en las áreas de aparcamiento de vehículos ligeros.

Se corresponde con la sección 4221 de la Norma 6.1 IC (1.989).

La estructura del paquete de firme estará compuesta por las siguientes capas:

Capa de rodadura	5 cm Mezcla bituminosa en caliente Tipo de Betún Tipo de áridos	MB D-12 B 60/70 ofíticos
Riego de adherencia	Emulsión Dotación	EAL-1 1 kg/ m²
Base	30 cm Zahorra	ZA (25)

Sección de firme para bandas de aparcamiento.

Esta sección de firme se corresponde con la sección 4121 de la Norma 6.1 IC (1.989).

La estructura del paquete de firme estará compuesta por las siguientes capas:

Capa de rodadura	5 cm Mezcla bituminosa en caliente Tipo de Betún Tipo de áridos	MB D-12 B 60/70 ofíticos
Riego de adherencia	Emulsión Dotación	ECR-1 0.6 kg/m²
Base de aglomerado	5 cm Mezcla bituminosa en caliente Tipo de Betún Tipo de áridos	MBC S-12 B 60/70 calizos
Riego de imprimación	Emulsión Dotación	EAL-1 1 kg/ m²
Base	30 cm Zahorra	ZA (25)

Sección de firme para bandas de aparcamientos ecológicos:

Está formada por las siguientes capas:

Loseta ecológica prefabricada de hormigón de dimensiones 610 x 610 x 100 mm o similar
Capa de arena de 10 cm de espesor
Base: 30 cm de zahorra artificial
Base: 50 cm de suelo seleccionado

Sección de firme para aceras.

Las aceras se sitúan al mismo nivel de la calzada y/o aparcamientos, colocando bordillos en superficie para delimitar ambas bandas.

Esta sección de firme se corresponde con la sección 4121 de la Norma 6.1 IC (1.989), sobre la que se ha aplicado una capa de Slurry en color.

La estructura del paquete de firme estará compuesta por las siguientes capas:

Capa de rodadura	Imprimación de Slurry en color 5 cm Mezcla bituminosa en caliente Tipo de Betún Tipo de áridos	MB D-12 B 60/70 ofíticos
Riego de adherencia	Emulsión Dotación	ECR-1 0.6 kg/m²
Base de aglomerado	5 cm Mezcla bituminosa en caliente Tipo de Betún Tipo de áridos	MBC S-12 B 60/70 calizos
Riego de imprimación	Emulsión Dotación	EAL-1 1 kg/ m²
Base	30 cm Zahorra	ZA (25)