

ANEJO Nº 8. FIRMES Y PAVIMENTOS

ÍNDICE

8. ANEJO Nº 8. FIRMES Y PAVIMENTOS.....	3
8.1. FIRMES DESTINADOS AL TRÁFICO RODADO	3
8.1.1. OBJETO.....	3
8.1.1.1. Materiales básicos.....	4
8.1.1.2. Firmes y pavimentos	4
8.1.2. FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO PARA LA REHABILITACIÓN DEL FIRME. DATOS DE PARTIDA.....	5
8.1.2.1. Tipo de firme existente	5
8.1.2.2. Sección transversal tipo	5
8.1.2.3. Tráfico pesado	6
8.1.2.4. Explanada existente	8
8.1.3. ACTUACIONES PROPUESTAS.....	8
8.1.3.1. Análisis de las secciones transversales.....	8
8.1.4. METODOLOGÍA PARA COMPARACIÓN DE SECCIONES ESTRUCTURALES A EFECTOS DE LA NORMA 6.1-IC.....	9
8.1.4.1. Factores técnicos.....	9
8.1.4.2. Factores económicos.....	16
8.1.5. SECCIONES ESTRUCTURALES DE FIRME CON TRÁFICO T2.....	17
8.1.6. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS ESTUDIADAS	17
8.1.6.1. Precios unitarios.....	17
8.1.6.2. Valoración de las secciones del firme.....	17
8.1.6.3. Coste de construcción de las secciones con tráfico T2 y explanada E2.....	17
8.1.7. SOLUCIONES ADOPTADAS PARA UNA SECCIÓN DE FIRME T2	18
8.1.7.1. Sección de firme de la reposición tras el fresado final del tronco, vías de servicio y resto de ejes del proyecto de la avenida de Madrid.....	18
8.1.7.2. Sección de la reposición temporal de firme tras el vaciado de las zanjas para la ejecución de las canalizaciones ubicadas a lo largo de las vías de servicio de la avenida de Madrid	18
8.1.8. MEDICIONES DEL FIRME EN TRONCO Y VÍAS DE SERVICIO DE LA AVENIDA DE MADRID EN VIGO.	20
8.2. PAVIMENTOS NO DESTINADOS AL TRÁFICO RODADO	21
8.2.1. BORDILLOS.....	21
8.2.2. SUPERFICIES PAVIMENTADAS	21
8.2.2.1. Acerados.....	21
8.2.2.2. Áreas adoquinadas.....	21
APÉNDICE 1. VALORACIÓN ECONÓMICA DE FIRMES.....	22
1. FIRME SOBRE LA AVENIDA DE MADRID EN VIGO	24
1.1. PRECIOS UNITARIOS	25
1.2. COSTES DE CONSTRUCCIÓN.....	27
1.2.1. CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO T2.....	28
1.3. COSTES DE REHABILITACIÓN	31
1.4. COSTES DE CONSTRUCCIÓN, CONSERVACIÓN Y REHABILITACIÓN	33
1.4.1. CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO T2	34

8. ANEJO Nº 8. FIRMES Y PAVIMENTOS

8.1. FIRMES DESTINADOS AL TRÁFICO RODADO

8.1.1. OBJETO

El presente apartado estudia, en base a los datos de tráfico y a la explanada existente, la sección de firme más idónea a disponer sobre los viales de la avenida de Madrid en el "Proyecto de Trazado. Remodelación de la avenida de Madrid (Autovía A-55 entre los PP.KK. 0+000 y 2+370). Término Municipal de Vigo. Provincia de Pontevedra" conforme a la Norma 6.1-IC "Secciones de Firme", de la Instrucción de Carreteras, aprobada por Orden FOM/3460/2003, del 28 de noviembre.

La normativa a aplicar en el cálculo de la sección del firme será la siguiente:

- Orden FOM/3460/2003 Norma 6.1-IC "Secciones de Firmes" de la Instrucción de Carreteras, del 28 de noviembre del 2003.
- Orden FOM/3459/2003, Norma 6.3-IC "Rehabilitación de firmes" de la Instrucción de Carreteras, del 28 de noviembre del 2003.
- Nota informativa de la Dirección General de Carreteras sobre capas drenantes en firmes publicada el 4 de abril de 1991.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3/75) de la Dirección General de Carreteras aprobado por O.M. del 6 de febrero de 1976, modificado por las siguientes órdenes:
- O.M. del 21 de enero de 1988, modificada parcialmente por O.M. del 8 de mayo de 1989. Aprueba los artículos:
 - 210 (Alquitranes).
 - 211 (Betunes asfálticos).
 - 212 (Betunes fluidificados).
 - 213 (Emulsiones bituminosas).
 - 214 (Betunes fluxados).
- O.M. del 8 de mayo de 1989 que modifica parcialmente, con inclusión de nuevos párrafos, los artículos:
 - 210 (Alquitranes).
 - 211 (Betunes asfálticos).

- 212 (Betunes fluidificados).
- 213 (Emulsiones bituminosas).
- 214 (Betunes fluxados).

- O.M. del 27 de mayo de 1999. Revisa los artículos:

- 202 (Cementos).
- 211 (Betunes asfálticos).
- 213 (Emulsiones bituminosas).
- 214 (Betunes fluxados).

Deroga los artículos 200 (Cal aérea), 201 (Cal hidráulica) y 210 (Alquitranes).

Crea los artículos 200 (Cales para estabilización de suelos), 212 (Betunes fluidificados para riegos de imprimación), 215 (Betunes asfálticos modificados con polímeros) y 216 (Emulsiones asfálticas modificadas con polímeros).

- O.C. 5/2001 Sobre riegos auxiliares, mezclas bituminosas y pavimentos de hormigón. Revisa los siguientes artículos:

- 530 (Riegos de imprimación).
- 531 (Riegos de adherencia).
- 532 (Riegos de curado).
- 540 (Lechadas bituminosas).
- 542 (Mezclas bituminosas en caliente).
- 543 (Mezclas bituminosas discontinuas en caliente para capas de rodadura).
- 550 (Pavimentos de hormigón vibrado).

- O.C. FOM/891/2004 del 1 de marzo por la que se actualizan determinados artículos del pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes, relativos a firmes y pavimentos.

- 510 Zahorras.
- 512 Suelos estabilizados in situ.
- 513 Materiales tratados con cemento (suelocemento y gravacemento).

- 530 Riegos de imprimación.
 - 531 Riegos de adherencia.
 - 532 Riegos de curado.
 - 540 Lechadas bituminosas.
 - 542 Mezclas bituminosas en caliente.
 - 543 Mezclas bituminosas discontinuas en caliente para capas de rodadura.
 - 550 Pavimentos de hormigón.
 - 551 Hormigón magro vibrado.
- Nota de Servicio 5/2006 sobre explicaciones y capas de firme tratadas con cemento, en la que se indica que en todo tramo de autopista de nueva construcción que se proyecte se dispondrá una categoría de explanada tipo E3.
 - Orden Circular 20/2006 sobre Recepción de obras de Carreteras que incluyan firmes y pavimentos, por tratarse de un proyecto con fecha de aprobación posterior a 12 de diciembre de 2003.
 - Orden Circular 306/89 P y P, del Ministerio de Fomento sobre "Calzadas de servicio y accesos a zonas de servicio", en accesos a las carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios.
 - Orden Circular 24/2008, "Sobre el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales, para obras de carreteras y puentes (PG-3). Artículo 542.-Mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso y 543.-Mezclas bituminosas para capas de rodadura. Mezclas drenantes y discontinuas".
 - Orden Circular 21 bis/2009 "Sobre betunes modificados de alta viscosidad con caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU) y criterios a tener en cuenta para su fabricación in situ y almacenamiento en obra". Esta Orden Circular, además de incluirla en la normativa deberá tenerse en cuenta en el desarrollo del apartado.
 - Orden Circular 29/2011 sobre el pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3). Ligantes bituminosos y microaglomerados en frío.
 - Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes relativos a materiales básicos, firmes y pavimentos y a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos.

8.1.1.1. Materiales básicos

- 200 Cales.
- 202 Cementos.
- 211 Betunes asfálticos.
- 212 Betunes modificados con polímeros.
- 214 Emulsiones bituminosas.
- 290 Geotextiles y productos relacionados.

8.1.1.2. Firmes y pavimentos

- 510 Zahorras.
 - 512 Suelos estabilizados in situ.
 - 513 Materiales tratados con cemento (suelocemento y gravacemento).
 - 530 Riegos de imprimación.
 - 531 Riegos de adherencia.
 - 532 Riegos de curado.
 - 540 Microaglomerados en frío.
 - 542 Mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso.
 - 543 Mezclas bituminosas para capas de rodadura. Mezclas drenantes y discontinuas.
 - 550 Pavimentos de hormigón.
 - 551 Hormigón magro vibrado.
- Instrucción para la Recepción del Cemento (RC-08). Real Decreto 956/2008.
 - Orden FOM/2842/2011, de 29 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11).
 - Orden Circular 17/03. "Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera".

Se utilizará también el manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas de 27 de mayo de 2007 del CEDEX y la Orden Circular 21/2007 sobre el uso y especificaciones que deben cumplir los ligantes y mezclas bituminosas que incorporen caucho procedente de neumáticos fuera de uso.

Según el BOE de 5 de mayo de 2007 el mercado CE de las mezclas bituminosas será obligatorio desde el 1 de marzo de 2008, además con las normas UNE-EN 14023 de betunes de penetración y UNE-EN 14023 de betunes modificados se produce un cambio importante en la denominación de los ligantes.

En el presente apartado se utilizarán estas denominaciones, aunque en la metodología para comparación de secciones estructurales se incluyan tablas procedentes del PG-3 y de la Norma 6.1-IC "Secciones de Firme", que utilizan las antiguas denominaciones.

Con todo lo anterior se proponen distintas alternativas de la sección de firme a adoptar, realizándose una comparación entre ellas y justificándose la adoptada en base a criterios técnicos, económicos, etc.

Una vez decidida la sección de firme a adoptar, se particulariza ésta a las vías y ramales diseñados, así como a los elementos singulares, tales como estructuras.

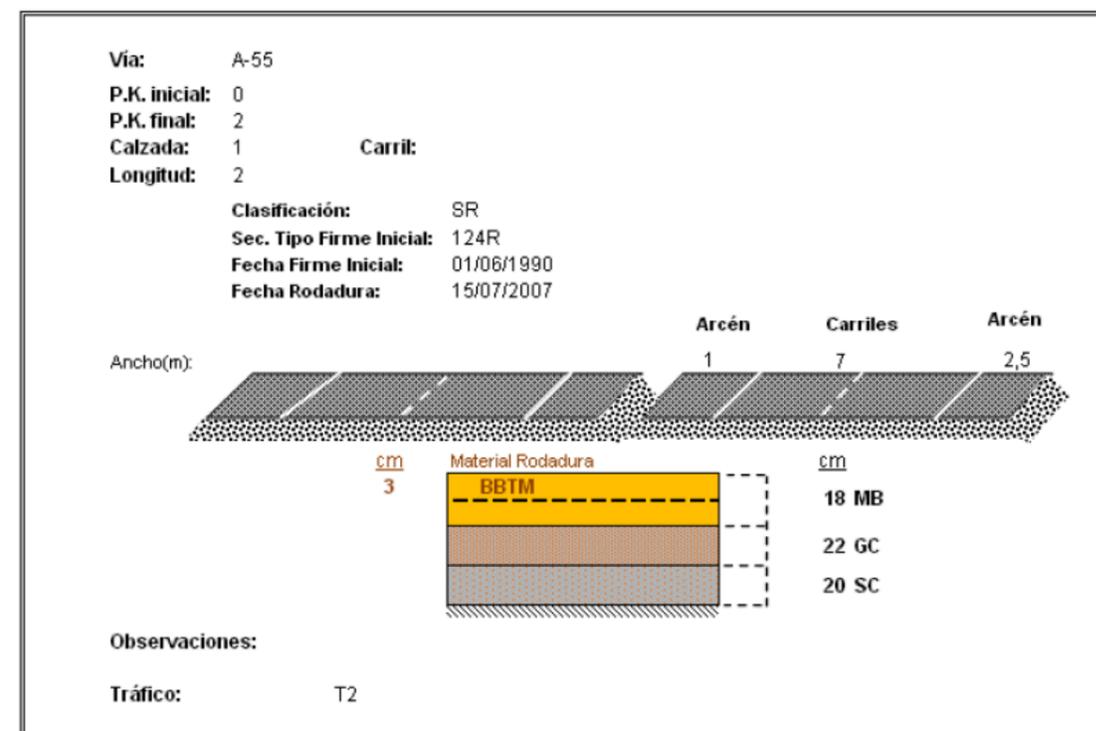
Por último, se describe el procedimiento seguido para obtener la medición de los distintos componentes del firme y se resumen los valores totales obtenidos para el corredor.

8.1.2. FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO PARA LA REHABILITACIÓN DEL FIRME. DATOS DE PARTIDA

8.1.2.1. Tipo de firme existente

De la Propuesta de Orden de Estudio del Ministerio de Fomento se extrae que el paquete de firme dispuesto en el tramo de estudio es el reflejado en el siguiente esquema, de arriba abajo:

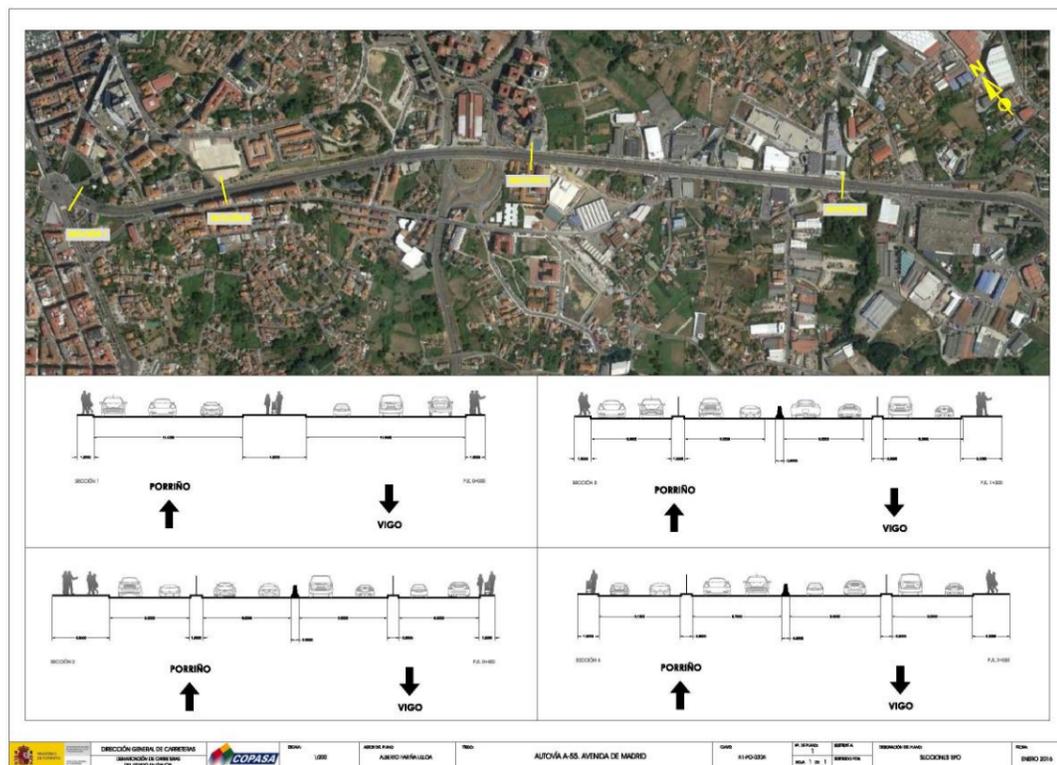
- 3 cm de capa de rodadura MBC BBTM 11 B (capa de rodadura)
- 15 cm de capa intermedia y base MBC (intermedia y base)
- 22 cm de gravacemento (subbase)
- 20 cm de suelocemento



La sección tipo existente en la avenida de Madrid en Vigo atiende a la sección denominada 033 en la Norma 6.1-IC "Secciones de firmes" y sería válida en carreteras con una categoría de tráfico pesado T0 sobre explanada E3.

8.1.2.2. Sección transversal tipo

La sección transversal actual de la avenida de Madrid consta de doble calzada, con dos carriles de circulación, más vías de servicio de sección variable en ambas márgenes.



Se realiza a continuación un análisis de la situación actual de la avenida de Madrid.

El tramo objeto del proyecto parte de la plaza de España de Vigo, con tres carriles por sentido de circulación y regulación semafórica de entrada a dicha plaza.

Tras aproximadamente 170 m, la sección transversal del tronco pasa a dos carriles por sentido de circulación y se disponen vías de servicio en ambas calzadas, de un carril por sentido de circulación y aparcamientos en línea.

En el p.k. 0+770 se encuentra la intersección existente con la rúa Loureiro y la rúa San Roque.

A partir del p.k. anterior, en determinados tramos limitados por las incorporaciones y salidas del viario municipal, las vías de servicio pasan a tener dos carriles y sección reducida de seis (6) metros a fin de recoger el tráfico del enlace en torno a la estación de autobuses que conecta con la avenida de Antonio Palacios y con la avenida de Emilio Martínez Garrido.

A la altura del p.k. 1+480 se sitúa la intersección existente con la estrada do Vilar y con la travesía J. A. Portela (PO-2002) que no permite el cruce transversal de la avenida, sino que conecta las citadas calles con las correspondientes vías de servicio.

Finalmente, en el p.k. 2+050 se encuentra la intersección con la rúa Gandarón y el camiño Raposeira. Esta glorieta 'partida' se podría considerar como punto de entrada en la trama urbana de Vigo.

El firme a rehabilitar superficialmente es aquel existente sobre todos los viales y sus tramos de conexión con los accesos laterales comprendidos entre los pp.kk. 0+000 y 2+370 de la A-55 (avenida de Madrid).

8.1.2.3. Tráfico pesado

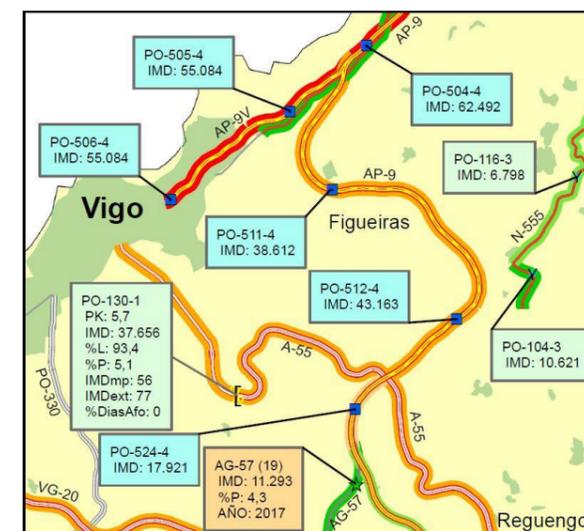
El objeto del presente apartado es recopilar y analizar datos del reparto del tráfico de la autovía afectada, A-55 y completar la información obtenida mediante una proyección de la evolución del tráfico pesado hasta el año de puesta de servicio, 2021.

El análisis del estado del firme y la elección y el proyecto de la actuación de rehabilitación, dependerán, entre otros factores, de la acción del tráfico, fundamentalmente del tráfico pesado, durante el periodo de servicio del firme.

El tipo y sección estructural del firme conjunto (existente más rehabilitación) en cada carril dependerá de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDp) que se prevea en dicho carril en el año de puesta en servicio de la actuación de la rehabilitación.

Para la determinación de la categoría de tráfico pesado que solicita el tramo de la carretera que se va a rehabilitar se partirá de los aforos de intensidades y proporción de vehículos pesados.

Tal y como se indica en el Anejo Nº 5 "Planeamiento y Tráfico", según el Mapa de Tráfico 2017 publicado por el Ministerio de Fomento, los datos recogidos de la estación de aforo PO-130-1 ubicada en el p.k. 3+500 de la A-55, que es la más cercana al tramo del proyecto, señalan que la intensidad Media Diaria Total de vehículos que circulan por ambas calzadas en el 2017 es de 37.656 (IMD) con un porcentaje de pesados del 5,1 %, es decir, 1.911 vehículos pesados por día en la suma de las calzadas de la avenida.



Teniendo en consideración el registro de tráfico de dicha estación de aforo a partir del año 2010, la tendencia arrojada para las intensidades de circulación en los años posteriores es la indicada en la siguiente tabla.

INTENSIDAD MEDIA DIARIA				
Año	Total	Ligeros	Pesados	% Pesados
2017	37656	35745	1911	5,10
2016	39193	38029	1164	3,00
2015	39.150	37.912	1.238	3,20
2014	39.439	38.324	1.115	2,80
2013	38.391	37.213	1.178	3,10
2012	39.686	38.474	1.212	3,00
2011	42.748	41.400	1.348	3,10
2010	44.997	43.325	1.672	3,70

Intensidades medias diarias según el Mapa de Tráfico de 2017.

Según la Orden FOM 3317/2010 de Eficiencia, el crecimiento de la intensidad de tráfico del 2017 en adelante, ha de considerarse a razón de un 1,44%. Atendiendo a este criterio, la intensidad media diaria de vehículos pesados en el año de puesta en servicio (2021) para ambas calzadas de circulación resultaría de 2.024.

INTENSIDAD MEDIA DIARIA		
Año	Pesados	% Crecimiento
2021	2024	1,44%
2020	1995	1,44%
2019	1967	1,44%
2018	1939	1,44%
2017	1911	El registrado en la estación de aforo
2016	1164	
2015	1.238	
2014	1.115	
2013	1.178	
2012	1.212	
2011	1.348	
2010	1.672	

Previsión crecimiento IMDp.

Entre el p.k. 3+500, p.k. en el que se encuentra la estación de aforo PO-130-1, y la avenida de Madrid no hay ningún gran enlace que varíe sensiblemente la carga de pesados que soporta el tronco de la autovía.

Se toma 1.012 vehículos pesados como la intensidad media diaria por calzada de la A-55 en el tramo comprendido por la avenida de Madrid en el año de puesta en servicio, 2019.

Tal y como se observa en la planta de trazado, la A-55 se bifurca en tronco y sendas vías de servicio laterales; siendo conservadores, se estimará que el 75% de los vehículos pesados optarán por

continuar circulando por el tronco mientras que el 25% restante lo hará por sendas vías de servicio correspondientes.

Consecuentemente, por los dos carriles de cada calzada del tronco de la avenida de Madrid circulará un tráfico de 768 vehículos pesados en el año de puesta en servicio.

Teniendo en cuenta la incidencia en la fluidez del tráfico y en la seguridad de la circulación vial de las actuaciones de conservación o de rehabilitación, en relación con las categorías de tráfico pesado que más adelante se denominan T00, T0, T1 y T2, se ha trabajado con carácter general sobre la base de un período de servicio más prolongado que el considerado en la normativa anterior. Se ha pretendido de esta forma que, en las carreteras con mayores intensidades de tráfico pesado, tras una adecuada rehabilitación estructural, sus características resistentes y funcionales se aproximen a las que habitualmente se especifican para obras de nueva construcción.

Para el cálculo de la categoría de tráfico pesado se podrá admitir lo siguiente:

- En calzadas de dos carriles y con doble sentido de circulación, incide sobre cada carril la mitad de los vehículos pesados que circulan por la calzada.
- En calzadas de dos carriles por sentido de circulación, en el carril exterior se considera la categoría de tráfico pesado correspondiente a todos los vehículos pesados que circulan en el sentido considerado.
- En calzadas de tres o más carriles por sentido de circulación, se considera que actúa sobre el exterior el 85% de los vehículos pesados que circulan en ese sentido considerado.

A los efectos de aplicación de la Norma 6.3-IC, se definen seis categorías de tráfico pesado, en función de la IMDp que se prevea para el carril en el año de puesta en servicio de la actuación de rehabilitación:

Categoría de tráfico pesado	IMDp
T00	> 4.000
T0	4.000 - 2.000
T1	2.000 - 800
T2	800 - 200
T3	200 - 50
T4	< 50

Categorías de tráfico pesado T00 a T4.

Si se considera oportuno como medio para la optimización de las soluciones de rehabilitación, las categorías de tráfico pesado T3 y T4 podrán dividirse en dos cada una de ellas, según lo indicado en la siguiente tabla:

Categoría de tráfico pesado	IMDp
T31	200 - 100
T32	100 - 50
T41	50 - 25
T42	< 25

División de las categorías de tráfico pesado T3 y T4.

En base a lo anterior se tiene que para el tronco de la autovía A-55 en el tramo de actuación la intensidad media diaria de pesados sobre el carril de proyecto asciende a de 768 vehículos en el año de puesta en servicio, alcanzando por tanto una categoría de tráfico pesado T2.

En lo que a las vías de servicio corresponde, la intensidad media diaria de pesados sobre el carril de proyecto asciende a de 244 vehículos en el año de puesta en servicio, alcanzando también una categoría de tráfico pesado T2.

VIAL	TRAMO	IMDp CARRIL DE PROYECTO	CATEGORÍA DE TRÁFICO PROPUESTA	SECCIÓN DE FIRME EXISTENTE
TRONCO A-55	Avenida de Madrid 0+000 – 2+370	768	T2	033
VÍAS DE SERVICIO A-55	Avenida de Madrid 0+170 – 1+930	244	T2	033

8.1.2.4. Explanada existente

La Instrucción 6.1 IC - “Secciones de Firme y capas estructurales de firme” establece tres categorías de explanada según el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga E_{v2} , obtenido de acuerdo con la NLT-357 "Ensayo de carga con placa", los valores son los siguientes:

CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	E2	E3
EV2 (MPa)	> 60	> 120	> 300

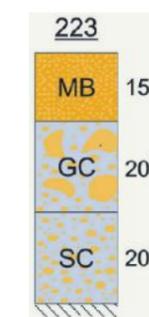
Módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga.

Según el apartado de afirmado de la memoria del proyecto de la “N-120 de Logroño a Vigo. P.K. 639,3 a 641,3. Tramo: Vigo (avenida de Madrid)”, la explanada definida en el proyecto es una explanada E2 para el tronco y las vías de servicio de la autovía.

8.1.3. ACTUACIONES PROPUESTAS

La sección de firme existente en la avenida de Madrid, explicada en el apartado 8.1.2.1 del presente anejo, sería válida para una categoría de tráfico pesado T0 y una explanada E3.

En el año de puesta en servicio, la categoría de tráfico pesado en el tronco de la avenida de Madrid es T2 mientras que la explanada es E2. Para estos parámetros, la Norma 6.1-IC “Secciones de firme” propone una sección de firme 223:



(2) Capas tratadas con cemento que deberán prefisurarse con espaciamientos continuos de hormigón armado con los espesores indicados.

La sección de firme existente explicada en el citado apartado 8.1.2.1 sobredimensiona, por lo tanto, la sección de firme requerida por la norma y no será necesario mayorarla en ningún tramo de la zona de actuación del proyecto.

8.1.3.1. Análisis de las secciones transversales

En el plano nº 4.5 “Perfiles transversales” se representan los correspondientes perfiles de las secciones viarias proyectadas en comparación con la rasante de la avenida de Madrid actual.

La nueva rasante proyectada tras la rehabilitación del firme se ajustará lo máximo posible a la rasante existente, en su defecto, se situará por encima de esta última. El objeto es establecer la nueva configuración de secciones transversales a lo largo de la avenida de Madrid igualando o aumentando, en todo caso, el espesor del paquete de firmes actual.

En aquellos tramos en los que la rasante nueva quede al mismo nivel que la rasante original se fresarán y repondrán 10 cm, es decir, los tres centímetros de capa de rodadura más los siete (7) centímetros de la capa intermedia.

Por otro lado, donde la nueva rasante quede por encima de la rasante actual se fresarán los 3 cm de la capa de rodadura y se repondrán los centímetros de firme necesarios para alcanzar la nueva cota de la rasante proyectada. Esta reposición, por tanto, podría requerir la extensión de una capa de base.

8.1.4. METODOLOGÍA PARA COMPARACIÓN DE SECCIONES ESTRUCTURALES A EFECTOS DE LA NORMA 6.1-IC

Para la determinación de la sección de firme se realiza la comparación de las distintas secciones propuestas en la Norma 6.1 IC en función de los siguientes factores:

- Factores técnicos:
 - Periodo de proyecto.
 - Clima.
 - Características de los materiales que componen las capas del firme.
- Factores económicos.

8.1.4.1. Factores técnicos

PERIODO DE PROYECTO

El periodo de proyecto es de 20 años.

Para este periodo de proyecto, y conforme a la experiencia, habitualmente se adopta un firme flexible, semiflexible o semirrígido.

SECCIONES DE FIRME

La sección estructural de firme proyectada para la avenida de Madrid será una reposición de aquella existente actualmente que, tal y como se ha explicado anteriormente, se trata de una sección 033 con 18 cm de mezcla bituminosa, 22 cm de gravacemento y 20 cm de suelocemento válidos para una categoría de tráfico pesado T2 y una explanada E2.

CLIMA

Para la elección del tipo de ligante bituminoso, así como la relación entre su dosificación en masa y la del polvo mineral. La Norma 6.1-IC señala las “zonas térmicas estivales”, el mapa de las zonas climáticas de España.

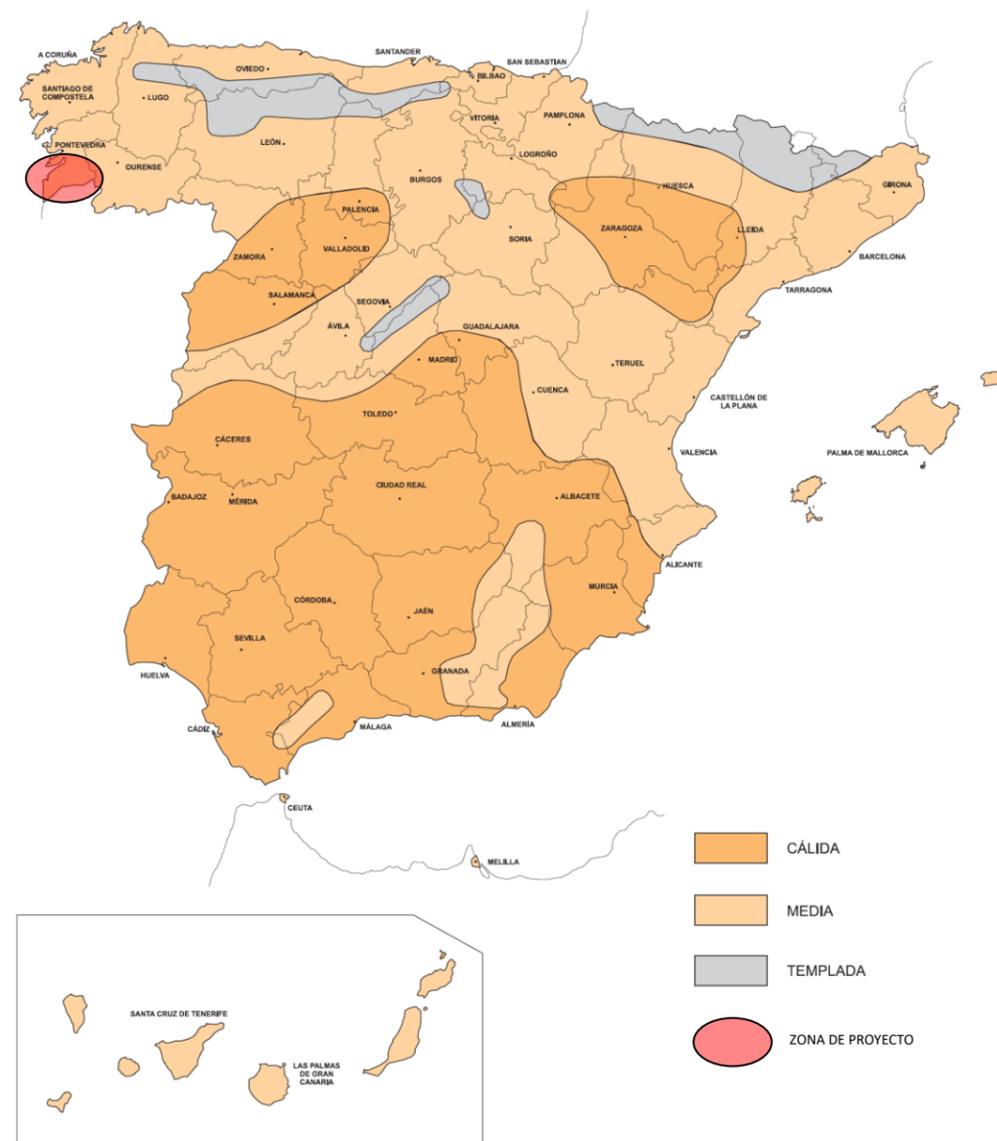


Figura 1. Zonas térmicas estivales

El área de estudio, provincia de Pontevedra, pertenece a la **zona térmica estival media**, conforme a la “Orden FOM/2523/2014, modificación de determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). Artículos: 542 - Mezclas bituminosas en caliente tipo Hormigón Bituminoso y 543 - Mezclas bituminosas para capas de rodadura. Mezclas drenantes y discontinuas” y a la norma 6.1-IC “Secciones de firme”.

MATERIALES PARA LAS SECCIONES DE FIRME

- a) La mezcla bituminosa en caliente tipo hormigón bituminoso a emplear en función del tipo de capa y espesor de la capa del firme será conforme a la tabla 542.9 del PG-3.

TABLA 542.9 - TIPO DE MEZCLA EN FUNCIÓN DEL TIPO Y ESPESOR DE LA CAPA

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	ESPESOR (cm)
	DENOMINACIÓN. NORMA UNE-EN 13108-1(*)	
RODADURA	AC16 surf D AC16 surf S	4 – 5
	AC22 surf D AC22 surf S	> 5
INTERMEDIA	AC22 bin D AC22 bin S AC32 bin S AC 22 bin S MAM (**)	5-10
BASE	AC32 base S AC22 base G AC32 base G AC 22 base S MAM (***)	7-15
ARCENES(****)	AC16 surf D	4-6

(*) Se ha omitido en la denominación de la mezcla la indicación del tipo de ligante por no ser relevante a efectos de esta tabla.

(**) Espesor mínimo seis centímetros (6 cm).

(***) Espesor máximo trece centímetros (13 cm).

(****) En el caso de que no se emplee el mismo tipo de mezcla que en la capa de rodadura de la calzada.

- b) El tipo de mezcla bituminosa en caliente discontinua o drenante a emplear en capa de rodadura en función de la categoría del tráfico y espesor de la capa de firme será conforme a la norma 6.1-IC “Secciones de firme”.

Tipo de capa	Tipo de Mezcla	Categoría de tráfico pesado		
		T00 a T1	T2 y T31	T32, T41 y T42
RODADURA	PA	4 cm		-
	BBTM 8 B BBTM 11 B	3 cm	2 - 3 cm	
	BBTM 8 A BBTM 11 A	-		
	AC 16 surf D AC 16 surf S AC 22 surf D AC 22 surf D	-	6 – 5 cm	5 cm

Espesor de capas de rodadura

- c) Dotación mínima de ligante hidrocarbonado para mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso (% en masa sobre el total del árido seco, incluido el polvo mineral).

TABLA 542.10 - DOTACIÓN MÍNIMA (*) DE LIGANTE HIDROCARBONADO

(% en masa sobre el total de la mezcla bituminosa, incluido el polvo mineral)

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	DOTACIÓN MÍNIMA (%)
RODADURA	densa y semidensa	4,50
INTERMEDIA	densa y semidensa	4,00
	alto módulo	4,50
BASE	semidensa y gruesa	4,00
	alto módulo	4,75

(*) Incluidas las tolerancias especificadas en el epígrafe 542.9.3.1. Si son necesarias, se tendrán en cuenta las correcciones por peso específico y absorción de los áridos.

- d) Dotación mínima de ligante hidrocarbonato para mezclas bituminosas en caliente discontinuas para capas de rodadura y drenantes (% en masa sobre el total del árido seco, incluido el polvo mineral).

TABLA 543.9 - TIPO, COMPOSICIÓN Y DOTACIÓN DE LA MEZCLA

CARACTERÍSTICA	TIPO DE MEZCLA					
	PA 11	PA 16	BBTM8B	BBTM11B	BBTM8A	BBTM11A
DOTACIÓN MEDIA DE MEZCLA (kg/m ²)	75-90	95-110	35-50	55-70	40-55	65-80
DOTACIÓN MÍNIMA(*) DE LIGANTE (% en masa sobre el total de la mezcla)	4,30		4,75		5,20	
LIGANTE RESIDUAL EN RIEGO DE ADHERENCIA (kg/m ²)	FIRME NUEVO		> 0,30		> 0,25	
	FIRME ANTIGUO		> 0,40		> 0,35	

(*) Incluidas las tolerancias especificadas en el epígrafe 543.9.3.1. Si son necesarias, se tendrán en cuenta las correcciones por peso específico y absorción de los áridos.

- e) Relación recomendable de polvo mineral-ligante en mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso densas, semidensas y gruesas para categoría de tráfico T00 a T2, en zonas cálidas y medias, es la siguiente:

TABLA 542.11 - RELACIÓN PONDERAL (*) RECOMENDABLE DE POLVO MINERAL-LIGANTE EN MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2

TIPO DE CAPA	ZONA TÉRMICA ESTIVAL	
	CÁLIDA Y MEDIA	TEMPLADA
RODADURA	1,2	1,1
INTERMEDIA	1,1	1,0
BASE	1,0	0,9

(*) Relación entre el porcentaje de polvo mineral y el de ligante expresados ambos respecto de la masa total del árido seco, incluido el polvo mineral.

f) Para mezclas bituminosas con capas de rodadura discontinuas y drenantes, la relación ponderal recomendable entre los contenidos de polvo mineral y ligante hidrocarbonado (expresados ambos respecto de la masa total de árido seco, incluido el polvo mineral) determinada en la fórmula de trabajo, según el tipo de mezcla, deberá estar comprendida en los siguientes intervalos:

- Mezclas tipo BBTM A entre 1,2 y 1,6
- Mezclas tipo BBTM B entre 1,0 y 1,2
- Mezclas tipo PA entre 0,9 y 1,1

g) Proporción de partículas trituradas del árido grueso para mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso (% en masa):

TABLA 542.2.a - PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TOTAL Y PARCIALMENTE TRITURADAS (% en masa)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00	T0 y T1	T2	T3 y ARCENES	T4
RODADURA	100			≥ 90	≥ 70
INTERMEDIA	100			≥ 90	≥ 70 (*)
BASE	100	≥ 90		≥ 70	

(*) en vías de servicio

h) Proporción de partículas trituradas del árido grueso para mezclas bituminosas en caliente discontinuas para capas de rodadura (% en masa).

TABLA 543.2.a - PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TOTAL Y PARCIALMENTE TRITURADAS (% en masa)

TIPO DE MEZCLA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
	T00 a T31	T32 y ARCENES	T4
DISCONTINUA	100	≥ 90	≥ 70
DRENANTE			

i) Proporción de polvo mineral de aportación para mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso (% en masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitablemente adherido a los áridos).

TABLA 542.6 - PROPORCIÓN DE POLVO MINERAL DE APORTACIÓN

(% en masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitablemente adherido a los áridos)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00	T0 y T1	T2	T3 y ARCENES	T4
RODADURA	100			≥ 50	
INTERMEDIA	100		≥ 50		
BASE	100	≥ 50			

j) Proporción de polvo mineral de aportación para mezclas bituminosas en caliente discontinuas para capa de rodadura (% en masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitablemente adherido a los áridos).

TABLA 543.6 - PROPORCIÓN DE POLVO MINERAL DE APORTACIÓN

(% en masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitablemente adherido a los áridos)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
T00 a T2	T3, T4 y ARCENES
100	≥ 50

k) Tipo de ligante a emplear:

- Para mezcla bituminosa en caliente tipo hormigón bituminoso:

TABLA 542.1.a - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR EN CAPA DE RODADURA Y SIGUIENTE (*) (Artículos 211 y 212 de este Pliego, y reglamentación específica vigente DGC)

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
	T00	T0	T1	T2 y T31	T32 y ARCENES	T4
CÁLIDA	35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-65	35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65	35/50 BC35/50 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65	35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 BC50/70	
MEDIA	35/50 BC35/50 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65	35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 70/100 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70
TEMPLADA	50/70 BC50/70 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65	50/70 70/100 BC50/70 PMB 45/80-60				

(*) Se podrán emplear también betunes modificados con caucho que sean equivalentes a los betunes modificados de esta tabla, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 212 de este Pliego. En ese caso, a la denominación del betún se añadirá una letra C mayúscula, para indicar que el agente modificador es polvo de caucho procedente de la trituración de neumáticos fuera de uso.

Se podrán emplear también betunes multigrados, que sean equivalentes en el intervalo de penetración, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 211 de este Pliego.

- Para mezcla bituminosa en caliente discontinua y drenante en capa de rodadura (tabla 543.1):

TABLA 543.1 - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR (*) (Artículos 211 y 212 de este Pliego, y reglamentación específica vigente DGC)

TIPO DE MEZCLA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00 y T0	T1	T2 (**) y T31	T32 y ARCENES	T4
DISCONTINUA	PMB 45/80-65	PMB 45/80-65 PMB 45/80-60	PMB 45/80-60 50/70 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70	
DRENANTE	PMB 45/80-65	PMB 45/80-65 PMB 45/80-60	PMB 45/80-60 50/70 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70	

(*) Se podrán emplear también betunes modificados con caucho que sean equivalentes a los betunes modificados de esta tabla, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 212 de este Pliego. En ese caso, a la denominación del betún se le añadirá una letra C mayúscula, para indicar que el agente modificador es polvo de caucho procedente de la trituración de neumáticos fuera de uso.

Se podrán emplear también betunes multigrados, que sean equivalentes en el intervalo de penetración, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 211 de este Pliego.

(**) Para tráfico T2 se emplearán betunes modificados en autovías o cuando la IMD sea superior a 5 000 vehículos por día y carril.

Para la elección de la capa de rodadura deberá considerarse la Figura 4 “Zonas Pluviométricas”, definida en la Norma 6.1-IC.

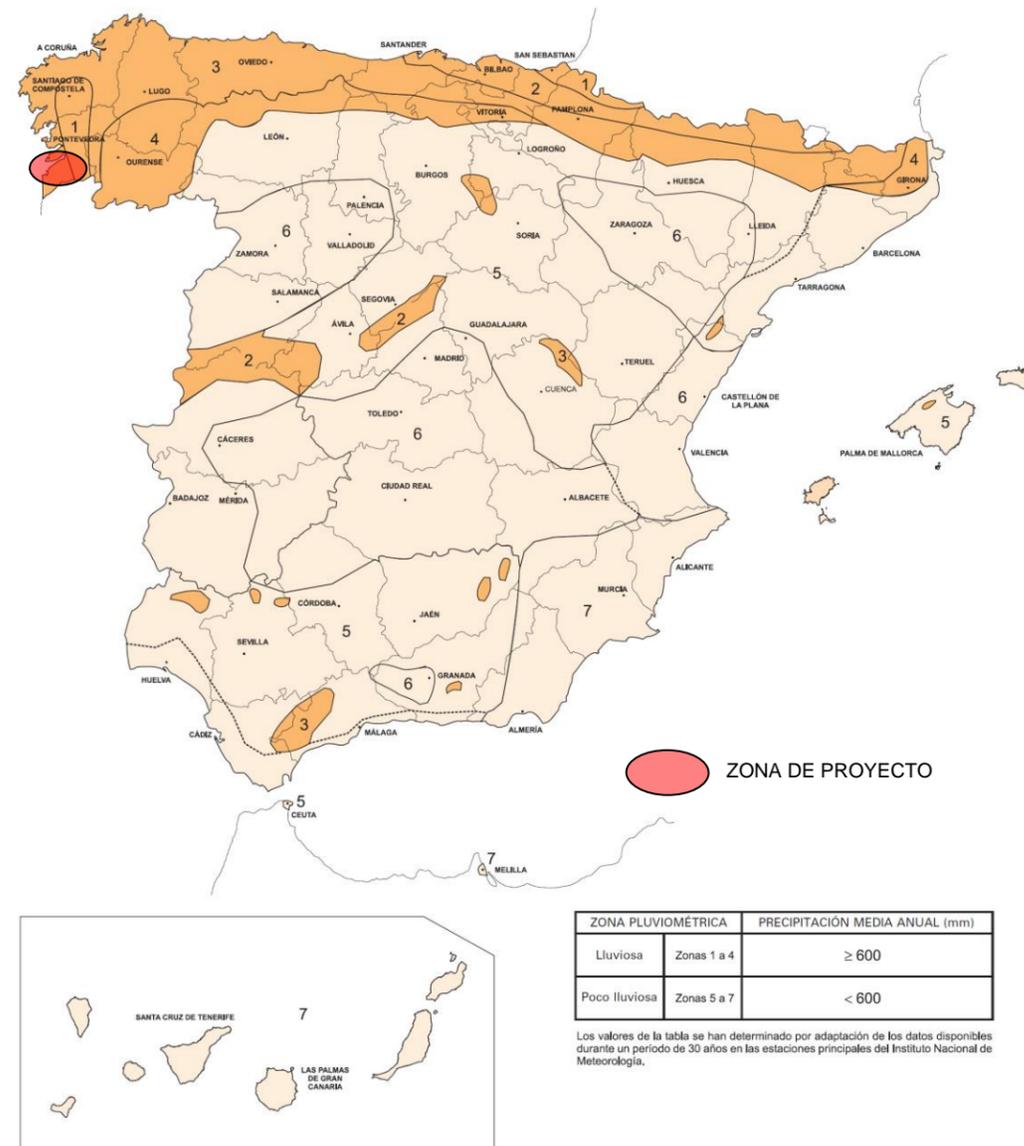


Figura 2. Zonas pluviométricas.

El área de estudio pertenece a la zona 6, zona **lluviosa**, con una precipitación media anual ≥ 600 mm. La norma indica lo siguiente, en cuanto a la capa de rodadura de mezcla bituminosa:

- No deberán proyectarse, salvo justificación en contra, pavimentos con mezcla drenante en altitudes superiores a los 1.200 m o cuando el tramo a proyectar esté comprendido en una zona poco lluviosa.

- Para las categorías de tráfico pesado T00 a T1 se emplearán las mezclas discontinuas en caliente tipo M o bien las drenantes, según las condiciones de intensidad de circulación y pluviométricas.

Las mezclas drenantes sólo podrán aplicarse en carreteras sin problemas de nieve o de formación de hielo, cuyos accesos estén pavimentados, con tráfico suficiente (IMD ≥ 5.000 vehículos/día) y con un régimen de lluvias razonablemente constante que facilite su limpieza.

BETUNES MODIFICADOS CON CAUCHO

El Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso aprobado el 5 de octubre de 2001, establece que “en las obras públicas en que su utilización sea técnica y económicamente viable se dará prioridad a los materiales procedentes del reciclaje de NFU”.

Según el Manual de Empleo de Caucho de NFU en Mezclas Bituminosas del CEDEX, para un tráfico T00 sólo se pueden utilizar Betunes Modificados con Caucho (BMC).

Se entiende por betún mejorado con polvo de caucho al ligante hidrocarbonato resultante de la interacción físico – química de betún asfáltico, polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso y, en su caso, aditivos, que no cumplen las especificaciones de los betunes modificados de la O.C. 29/2011 sobre el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3). Ligantes bituminosos y microaglomerados en frío, pero si las especificaciones establecidas en el Anejo 4 del Manual de Empleo de Caucho de NFU en Mezclas Bituminosas del CEDEX. El contenido de polvo de caucho es generalmente superior al 8% e inferior al 12% en peso de la mezcla total.

Se entiende por betún modificado con polvo de caucho (BMC) al ligante hidrocarbonato resultante de la interacción físico – química de betún asfáltico, polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso y, en su caso, aditivos, que cumple las especificaciones de la O.C. 29/2011. El contenido de polvo de caucho suele ser superior al 12% e inferior al 15% en peso de la mezcla total.

Mezcla bituminosa en capa de rodadura	Tráfico	Tipo de betún recomendado
Drenante Discontinua Densa o semidensa	T00 y T0	BMC (entendiendo como tal aquel que cumple las especificaciones establecidas en el artículo 215 del PG-3), en todas las opciones expresadas en las tablas 542.1 y 543.1 del PG-3
	T1 y T2	BMC (entendiendo como tal aquel que cumple las especificaciones establecidas en el artículo 215 del PG-3), en todas las opciones expresadas en las tablas 542.1 y 543.1 del PG-3 BC (entendiendo como tal aquel que no cumple las especificaciones establecidas en el artículo 215 del PG-3 pero sí cumple las especificaciones definidas en el Anejo 4 de este Manual), en las mismas condiciones que los betunes de penetración indicados en las tablas 542.1 y 543.1 del PG-3
	T3 y T4	BC (entendiendo como tal aquel que no cumple las especificaciones establecidas en el artículo 215 del PG-3 pero sí cumple las especificaciones definidas en el Anejo 4 de este Manual), en las mismas condiciones que los betunes de penetración indicados en las tablas 542.1 y 543.1 del PG-3

* Entiendase el artículo 215 del PG-3 (ya derogado) como el artículo 212 del PG-3

Tabla 1. Aplicación recomendada de los ligantes modificados/mejorados con caucho en capa de rodadura.

Estos betunes se podrán utilizar en todas las opciones expresadas en las tablas 542.1 y 543.1 del PG-3.

TABLA 542.1.a - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR EN CAPA DE RODADURA Y SIGUIENTE (*) (Artículos 211 y 212 de este Pliego, y reglamentación específica vigente DGC)

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
	T00	T0	T1	T2 y T31	T32 y ARCENES	T4
CÁLIDA	35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-65	35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-65	35/50 BC35/50 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65	35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 BC50/70	
MEDIA	35/50 BC35/50 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65	35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60		50/70 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 70/100 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70
TEMPLADA	50/70 BC50/70 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65		50/70 70/100 BC50/70 PMB 45/80-60			

(*) Se podrán emplear también betunes modificados con caucho que sean equivalentes a los betunes modificados de esta tabla, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 212 de este Pliego. En ese caso, a la denominación del betún se añadirá una letra C mayúscula, para indicar que el agente modificador es polvo de caucho procedente de la trituración de neumáticos fuera de uso.

Se podrán emplear también betunes multigrados, que sean equivalentes en el intervalo de penetración, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 211 de este Pliego.

TABLA 542.1.b - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR EN CAPA DE BASE, BAJO OTRAS DOS (*) (Artículos 211 y 212 de este Pliego, y reglamentación específica vigente DGC)

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
	T00	T0	T1	T2 y T3
CÁLIDA		35/50 BC35/50 PMB 25/55-65	35/50 50/70 BC35/50 BC50/70	50/70 BC50/70
MEDIA				50/70 70/100 BC50/70
TEMPLADA			50/70 70/100 BC50/70	70/100

(*) Se podrán emplear también betunes modificados con caucho que sean equivalentes a los betunes modificados de esta tabla, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 212 de este Pliego. En ese caso, a la denominación del betún se añadirá una letra C mayúscula, para indicar que el agente modificador es polvo de caucho procedente de la trituración de neumáticos fuera de uso.

Se podrán emplear también betunes multigrados, que sean equivalentes en el intervalo de penetración, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 211 de este Pliego.

TABLA 543.1 - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR (*)

(Artículos 211 y 212 de este Pliego, y reglamentación específica vigente DGC)

TIPO DE MEZCLA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00 y T0	T1	T2 (**) y T31	T32 y ARCENES	T4
DISCONTINUA	PMB 45/80-65	PMB 45/80-65 PMB 45/80-60	PMB 45/80-60 50/70 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70	
DRENANTE	PMB 45/80-65	PMB 45/80-65 PMB 45/80-60	PMB 45/80-60 50/70 BC50/70	50/70 70/100 BC50/70	

(*) Se podrán emplear también betunes modificados con caucho que sean equivalentes a los betunes modificados de esta tabla, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 212 de este Pliego. En ese caso, a la denominación del betún se le añadirá una letra C mayúscula, para indicar que el agente modificador es polvo de caucho procedente de la trituración de neumáticos fuera de uso.

Se podrán emplear también betunes multigrados, que sean equivalentes en el intervalo de penetración, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 211 de este Pliego.

(**) Para tráfico T2 se emplearán betunes modificados en autovías o cuando la IMD sea superior a 5 000 vehículos por día y carril.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES QUE COMPONEN LAS CAPAS DEL FIRME

En la Norma 6.1-IC "Secciones de firmes", se presenta un catálogo de secciones de las cuales vamos a analizar las correspondientes a:

- Explanada E-2 para categoría de tráfico T2.

Descartamos los pavimentos de hormigón vibrado por las siguientes razones:

- Debemos procurar la máxima continuidad y homogeneidad con las secciones existentes y tramos contiguos.
- Es un pavimento más ruidoso que el de mezcla bituminosa, lo cual lo penaliza gravemente de acuerdo al entorno donde se proyecta.
- La disposición de un pavimento de hormigón, encarece más la solución que la mezcla bituminosa.
- El mantenimiento de un pavimento de hormigón es más económico que el de la mezcla bituminosa, pero no compensa su carestía de construcción.
- La experiencia en la construcción de este tipo de pavimentos es menor.
- Requiere para su ejecución una maquinaria específica, la cual limita el abanico de posibles contratistas que puedan realizarlo.

Asimismo, descartamos las secciones que incluyen una de grava cemento por las siguientes razones:

- Dificultad de ejecución, ya que la mezcla ha de ser realizada en central, evitando en el transporte a obra la segregación y pérdida de humedad. Una vez puesto el material en obra se debe compactar en una única tongada, aplicando posteriormente un riego de curado.
- Este tipo de material está cayendo en desuso debido a los problemas de grietas de retracción que posteriormente a su puesta en uso reflejan en la rodadura del firme.
- Presenta una alta sensibilidad durante la ejecución a las altas temperaturas, debido a la pérdida excesiva de humedad que se produce (la zona donde se encuentra dicho proyecto se ubica dentro de la zona pluviométrica poco lluviosa según la Norma 6.1-IC).

El resto de secciones incluidas en el catálogo de la Norma 6.1-IC "Secciones de firmes", está constituida por capas superiores de mezcla bituminosa sobre zahorra artificial (ZA) o suelo cemento (SC). Analizamos a continuación las opciones posibles.

Mezcla bituminosa

Las categorías de tráfico pesado en el año de puesta en servicio van a ser:

Para el tronco de la autovía T2

Se emplearán exclusivamente mezclas bituminosas en caliente (según justificación del apartado anterior). El betún utilizado para dichas mezclas en la capa de rodadura será el Betún Modificado con Caucho (BMC), siguiendo las recomendaciones del "Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas" y las directrices del Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso.

La mezcla bituminosa en caliente tipo hormigón bituminoso a emplear en función del tipo de capa y espesor de la capa del firme será conforme a la tabla 542.9 del PG-3. La mezcla bituminosa en caliente tipo discontinua en función de la categoría del tráfico y espesor de la capa de firme será conforme a la norma 6.1-IC "Secciones de firme".

El tipo y composición de la *mezcla* son función principalmente del espesor definitivo, la climatología y la categoría del tráfico pesado. En el caso de la capa de rodadura, la relación entre polvo mineral y ligante será de entre 1,2 y 1,6 para mezclas discontinuas tipo BMTM A, entre 1,0 y 1,2 para mezclas discontinuas tipo BMTM B, y de 1,2 para mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso. En capas intermedia y base, la relación recomendada entre el polvo mineral y ligante es de 1,1 y 1,0 en las mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso respectivamente, para el tramo en estudio.

Las características del árido a emplear serán las indicadas en la "Orden FOM/2523/2014. Modificación de determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). Artículos: 542 - Mezclas bituminosas en caliente tipo Hormigón Bituminoso y 543 - Mezclas bituminosas para capas de rodadura. Mezclas drenantes y discontinuas".

El ligante será el definido en el Artículo 211. Betunes asfálticos (Orden FOM 2523/2014), atendiendo a las consideraciones realizadas por la O.C. 21/2007 sobre el uso y especificaciones que deben cumplir los ligantes y mezclas bituminosas que incorporen caucho procedente de neumáticos fuera de uso

(NFU), así como en la O.C. 21bis/2009 sobre betunes mejorados y betunes modificados de alta viscosidad con caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU). Por lo tanto, se empleará caucho precedente de NFU en la mejora de los betunes (los cuales pasan a denominarse con la simbología BC en lugar de B) y en los betunes modificados (que pasan a denominarse BMC en lugar de BM).

Gravacemento

Consiste en la mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y excepcionalmente aditivos, realizada en central, que convenientemente compactada se utiliza como capa estructural en firmes de carreteras.

Se debe realizar una dosificación con porcentaje de cemento suficiente para obtener una resistencia a compresión simple a los siete (7) días no inferior a 4,5 MPa.

Se considera cemento de clase resistente 32,5 N/mm². Se utilizará un suelo-cemento tipo GC-32. Se cumplirán todas las especificaciones descrita en el capítulo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

Suelocemento

Consiste en la mezcla homogénea de material tratado con cemento, en las proporciones adecuadas, de material granular, cemento, agua y, eventualmente aditivos, realizada en central, que convenientemente compactada, se utiliza como capa estructural en firmes de carretera.

Las propiedades de este material dependen de:

- Tipo de suelo y proporciones de cemento y agua.
- Proceso de ejecución.
- Edad de la mezcla compactada y tipo de curado.

Existen dos formas de ejecución de este material, in situ o en central. Existe maquinaria que escarifica y recoge el suelo de la traza, lo mezcla con cemento a la humedad óptima y lo extiende posteriormente. Se debe realizar una dosificación con porcentaje de cemento suficiente para obtener una resistencia a compresión simple a los siete (7) días no inferior a 2,5 MPa.

Se considera cemento de clase resistente 32,5 N/mm². Se utilizará un suelo-cemento tipo SC-40. Se cumplirán todas las especificaciones descrita en el capítulo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

Zahorra artificial

Material granular de geometría continua procedente de cantera o grava natural (muy limitada actualmente por condicionantes medio ambientales). Al estar compuesta por partículas de todos los tamaños es posible obtener una compacidad elevada, aumentando los puntos de contacto de los elementos entre sí y disminuyendo por tanto el riego de atrición. Los áridos de machaqueo tienen un mayor número de caras de fractura, lo que da lugar a un incremento de la rigidez del esqueleto mineral.

Este material deberá estar exento de cualquier materia que pueda afectar la durabilidad de la capa, principalmente contaminación orgánica y elementos plásticos.

El coeficiente de desgaste de Los Ángeles debe ser inferior a 30, con un coeficiente de limpieza que no será inferior a dos (2) y el material no plástico. Se cumplirán todas las especificaciones descrita en el capítulo 510 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

Riego de adherencia

El apartado 6.2.1.5 de la Norma 6.1-IC, establece que entre dos capas sucesivas de mezcla bituminosa se ejecute un riego de adherencia acorde con lo indicado en el artículo 531 del PG-3, con una dotación mínima de betún residual de 0,25 kg/m² cuando la capa superior sea una mezcla discontinua en caliente.

Se ha proyectado la ejecución de estos riegos mediante el empleo de una emulsión catiónica de rotura rápida modificada con polímeros C60BP3 ADH y con una dotación de 1,0 kg/m².

Se cumplirán todas las especificaciones descrita en el capítulo 531 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

Riego de imprimación

La norma 6.1-IC especifica que sobre la capa granular que vaya a recibir una capa de mezcla bituminosa o un tratamiento superficial debemos efectuar previamente la extensión de un riego de imprimación.

Sobre el tablero de la estructura y por lo tanto bajo la capa intermedia se ha previsto una emulsión de rotura lenta con polímeros con una dotación 0,8 – 1,2 kg/m².

Se prevé el empleo de una emulsión catiónica C50BF4 IMP con una dotación de betún residual 1,00 kg/m²: Se cumplirán todas las especificaciones descrita en el capítulo 530 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

Riego de curado

La norma 6.1-IC especifica que sobre la capa tratadas con un conglomerante hidráulico se proyectará un riego de curado (para evitar la fisuración por retracción).

Se prevé el empleo de una emulsión catiónica C60B3 CUR con una dotación de betún residual 0,90 kg/m²: Se cumplirán todas las especificaciones descrita en el capítulo 532 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

Arcenes

En los arcenes de anchura no superior a 1,25 m, es decir, todos los arcenes del proyecto de la avenida de Madrid, su firme será prolongación del firme de la calzada adyacente. Su ejecución será simultánea, sin junta longitudinal entre la calzada y el arcén.

Para las categorías de tráfico pesado T00 a T31, es preceptivo, por exigencias de seguridad de la circulación vial, que los arcenes dispongan de una capa de rodadura completa transversalmente y con la misma rasante que la calzada, de manera que no haya un escalón entre ambas superficies.

En el caso de que la calzada dispusiera de una capa o elemento inferior drenante o de separación, éstos se prolongarán bajo el arcén hasta conectar con un sistema de drenaje adecuado.

8.1.4.2. Factores económicos

El aprovechamiento óptimo de los recursos económicos exige una cuidadosa selección y estudio de los elementos que suelen intervenir en el análisis de rentabilidad económica, y que son:

- Costes de construcción y primer establecimiento (C1).
- Costes de conservación y rehabilitación durante el período del análisis, actualizados al año de construcción (C2).
- Valor residual de la sección al final del período de análisis (C3).
- Costes energéticos, de usuarios, de demoras durante la conservación, sociales, etc. (C4).

Por lo que el coste total de una sección será:

$$C = C_1 + C_2 - C_3 + C_4$$

Como método de análisis económico se usa el denominado "costes durante el ciclo vital", basado en que, al tener la inversión de un firme el carácter de inversión a largo plazo, el valor de los costes de primer establecimiento no debe ser determinante de la elección, ya que durante su vida de servicio los firmes requieren distintos niveles de inversión tanto en conservación ordinaria como en rehabilitación.

El período de servicio se fija en 20 años, en toda la sección estructural estudiada.

Dado que los materiales planteados en las secciones de firme no presentan especiales dificultades de consecución ni ejecución en la zona de proyecto, el estudio económico se extenderá a todos ellos.

Costes de construcción

Se obtiene en función de las distintas capas que componen las secciones de firme a los precios de proyecto.

Costes de conservación y rehabilitación

Costes de conservación ordinaria o preventiva:

Los costes de conservación ordinaria, o preventiva, se realizan de forma rutinaria con el objetivo de evitar que el pavimento se deteriore a velocidad superior a la prevista.

En este coste de conservación se incluyen todas aquellas operaciones menores que por su cuantía, o por su habitualidad, no pueden ser consideradas como de rehabilitación del firme.

Estas operaciones son entre otras:

- Sellado de grietas.
- Fresado, abujardado o ranurado en firmes rígidos.
- Reparaciones puntuales.
- Otros.

A falta de base de datos para estimar este coste, generalmente se adopta el criterio de estimar los gastos de conservación ordinaria como un porcentaje del coste de construcción de la sección. Se considera este gasto de conservación como un 2% de la inversión inicial, con un valor anual constante.

Así, la conservación de un año K tendrá un coste:

$$C_{21}^k = 0,02 * C_1$$

Y considerando un interés anual del 3% a fin de actualizar costes, el coste de la conservación anual será:

$$C_{21} = 0,02 * C_1 * \sum_{n=1}^{n=20} (1 + 0,03)^{-n} = 0,2975 * C_1$$

Costes de rehabilitación:

Los costes de rehabilitación se realizan con una determinada periodicidad y consisten, generalmente, en un refuerzo del firme para rehabilitar su capacidad estructural, reponer el coeficiente de rozamiento superficial y la regularidad superficial.

Se efectuará el refuerzo en el año décimo dentro del período de 20 años y por último se hará una rehabilitación integral en el año 20.

Otros costes

Además de los estimados en apartados anteriores existen otra serie de costes que se refieren a los usuarios. Entre ellos se encuentran los de explotación (consumo de combustible, mantenimiento del vehículo, etc.), las demoras debidas a operaciones de mantenimiento o reparación y otras sociales.

Los costes anteriormente citados son difícilmente cuantificables y se estiman muy similares para las distintas soluciones. Además, las Administraciones Públicas no suelen incluirlos en sus estudios de rentabilidad.

Por todo ello se ha estimado que considerar nula la diferencia relativa entre estos costes en todas las alternativas no dará lugar a errores en la cuantificación de las soluciones planteadas. Por consiguiente:

$$\Delta C_4 = 0$$

Coste total

En función de los datos anteriores, mediante la suma de todos los factores se obtiene el coste total para cada una de las secciones a comparar.

8.1.5. SECCIONES ESTRUCTURALES DE FIRME CON TRÁFICO T2

Conforme al catálogo de Secciones Estructurales de la Norma 6.1-IC para una categoría de tráfico **T2** y a la sección de firme existente sobre los viales de la avenida de Madrid, las secciones estructurales propuestas como posible solución para la rehabilitación del firme son las siguientes:

SECCIÓN	FIRME (cm)	RODADURA	INTERMEDIA
Reposición tras el fresado del tronco y de las vías de servicio de la avenida de Madrid	10	3 cm BBTM 11B PMB 45/80-65	7 cm AC22 bin BC 35/50 S
		4 cm PA 16 PMB 45/80-65	6 cm AC22 bin BC 35/50 S

Espesores de las capas de mezcla bituminosa en caliente.

8.1.6. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS ESTUDIADAS
8.1.6.1. Precios unitarios

En el apéndice nº 1: "Valoración económica de firmes" se detallan cada uno de los precios básicos de los materiales, dosificaciones, densidades y otras relaciones, para la construcción de las distintas unidades.

8.1.6.2. Valoración de las secciones del firme

A continuación, se incluye un resumen del cálculo de la valoración de cada sección de firme estudiada, cuya justificación se incluye como apéndice.

Se consideran las siguientes densidades y dotaciones de la mezcla bituminosa a emplear:

MEZCLA BITUMINOSA	DENSIDAD (T/m³)	DOTACIÓN LIGANTE (%)
BBTM 11B	2,35	5,00
PA 16	2,15	4,50
AC22 bin S	2,45	4,50
AC22 bin D	2,45	4,50
AC32 base G	2,42	4,00

Dotación mínima de ligante hidrocarbonado (% en masa sobre el total de la mezcla bituminosa, incluido el polvo mineral).

En los siguientes apartados se recoge un cuadro comparativo del coste de las alternativas estudiadas para cada categoría de tráfico.

8.1.6.3. Coste de construcción de las secciones con tráfico T2 y explanada E2

Las secciones de firme a estudiar sobre la estructura del paso inferior son:

ALTERNATIVA 1	
CAPA TIPO	espesor (m)
Rodadura: BBTM 11 B (M-10)	0,03
Betún tipo: PMB 45/80-65	
Intermedia: AC22 bin S (S-20)	0,07
Betún tipo: BC 35/50	

Sección del firme de la alternativa 1.

ALTERNATIVA 2	
CAPA TIPO	espesor (m)
Rodadura: PA 16	0,04
Betún tipo: PMB 45/80-65	
Intermedia: AC22 bin S (S-20)	0,06
Betún tipo: BC 35/50	

Sección del firme de la alternativa 2.

A continuación, se adjunta un cuadro resumen de los costes de construcción en euros, por metro de calzada. En el apéndice nº 1 "Valoración económica de firmes" se desarrolla con mayor detalle el estudio económico de las secciones:

Costes para sección tipo del tramo 1 (calzada de tres carriles de 3,25 m de ancho y un único arcén exterior de 0,50 m) con tráfico T2 y explanada E2:

CAPA TIPO	SECCIÓN 033	
	BBTM 11 B	PA 16

FIRME	MEZCLA [€/m]	66,26	65,16
	BETUN [€/m]	57,48	53,97
	FILLER [€/m]	6,42	5,82
	SUBBASE [€/m]	0,00	0,00
	RIEGOS [€/m]	8,76	8,76
COSTE CONSTRUCCIÓN [€/m]		138,92	133,70
COSTE CONSTRUCCIÓN FIRMES [€/m ²]		13,55	13,04

Tabla comparativa de costes para la sección de firme sobre la avenida de Madrid en Vigo.

La valoración económica resumida en la tabla anterior arroja como resultado que la capa de rodadura PA-16 resultaría más económica. Adicionalmente, está justificado el uso de capas de rodadura drenantes ya que el proyecto se localiza en una zona pluviométrica lluviosa. No obstante, se procederá al fresado y la restitución de la misma capa de rodadura existente actualmente, la cual, tal y como se explica en el apartado 8.1.2.1, se trata de una BBTM 11 B.

8.1.7. SOLUCIONES ADOPTADAS PARA UNA SECCIÓN DE FIRME T2

8.1.7.1. Sección de firme de la reposición tras el fresado final del tronco, vías de servicio y resto de ejes del proyecto de la avenida de Madrid

En el fresado del tronco y de las vías de servicio, el espesor de la sección de firme a fresar y reponer es de 10 cm.

Estos viales disponen la sección de firme 033 de la Norma 3.1-IC para una categoría de tráfico pesado T2 (carriles y arcenes de cualquier anchura):

- 3 cm de capa de rodadura de mezcla bituminosa continua BBTM 11 B PMB 45/80-65 (antigua M-10).
- Riego de adherencia modificado tipo C60BP3 ADH.
- 7 cm de capa intermedia de mezcla bituminosa semidensa tipo AC22 bin BC 35/50 S (antigua S-20).
- Riego de adherencia tipo C60B3 ADH.

CAPAS	SECCIÓN 033 SOBRE EL TRONCO Y LAS VÍAS DE SERVICIO (18 cm de MBC sobre 22 cm de gravacemiento y 20 cm de suelocemento)	
	Espesor	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD
Rodadura	3 cm	- Mezcla bituminosa discontinua en caliente, tipo BBTM 11B PMB 45/80-65 - Betún PMB 45/80-65 - 100% de filler de aportación, partículas trituradas árido grueso 100%

CAPAS	SECCIÓN 033 SOBRE EL TRONCO Y LAS VÍAS DE SERVICIO (18 cm de MBC sobre 22 cm de gravacemiento y 20 cm de suelocemento)	
	Espesor	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD
		- Dotación de ligante 5% en masa respecto al total del árido seco - Relación ponderal polvo mineral y ligante = 1,20 - Densidad de la mezcla de 2,35 t/m ³
Riego		- Adherencia: Emulsión C60BP3 ADH, con dotación residual 0,5 kg/m ²
Intermedia	7 cm	- Mezcla bituminosa en caliente, tipo AC 22 bin BC 35/50 S (Antigua S-20) - Betún BC 35/50 - Polvo mineral de aportación 100%, partículas fracturadas 100% - Dotación mínima de ligante 4,50% en masa respecto al total de la mezcla incluido el polvo mineral - Tipo de árido: calizo - Relación ponderal polvo mineral y ligante = 1,10 - Densidad de la mezcla sin betún de 2,45 t/m ³
Riego		- Adherencia: Emulsión C60B3 ADH, con dotación residual 0,5 kg/m ²

Descripción de la sección de firme de la reposición tras el fresado del tronco y las vías de servicio de la A-55 (avenida de Madrid) para carriles y arcenes de anchura inferior a 1,25 m.

8.1.7.2. Sección de la reposición temporal de firme tras el vaciado de las zanjas para la ejecución de las canalizaciones ubicadas a lo largo de las vías de servicio de la avenida de Madrid

Bajo las tercianas se localizan los colectores existentes de la red de pluviales, los cuales, deberán ser cegados y serán repuestos bajo los correspondientes carriles izquierdos de las vías de servicio; así mismo, se ha proyectado la instalación de nuevas redes de servicio de abastecimiento y saneamiento a lo largo de ciertos tramos de las vías de servicio, en sus correspondientes carriles derechos.

Estas actuaciones, conllevarán vaciados longitudinales a modo de zanjas entibadas de hasta 4,0 metros de profundidad y de hasta 1,7 metros de ancho en el centro de ciertos tramos de los carriles de ambas vías de servicio.

En comparación con la reposición del fresado explicada en el apartado anterior, el espesor de la sección de firme a reponer en este caso es mayor y por lo tanto se deberá no sólo considerar la extensión de las capas intermedia y de rodadura, sino también la extensión de una base de hormigón en masa de 15 cm. La subbase existente en la autovía es gravacemiento, a lo largo de las citadas zanjas y bajo la losa de hormigón, se dispondrá:

- Un relleno de material adecuado compactado > 100% PN sobre otro relleno de material seleccionado compactado > 95% PN en las zanjas de los colectores de pluviales (φ 600) de las vías de servicio de ambas calzadas.
- Un relleno compactado con materiales procedentes de la excavación en la zanja de la nueva conducción de abastecimiento (φ 400) de la vía de servicio de la calzada creciente y en la zanja del nuevo colector de fecales (φ 600) de la vía de servicio de la calzada decreciente.

Todos los colectores y conducciones se colocarán sobre una cama de arena de río silícea.

Estos viales disponen la sección de firme 033 de la Norma 3.1-IC para una categoría de tráfico pesado T2 (carriles y arcenes de cualquier anchura):

- 3 cm de capa de rodadura de mezcla bituminosa continua BBTM 11 B PMB 45/80-65 (antigua M-10).
- Riego de adherencia modificado tipo C60BP3 ADH.
- 7 cm de capa intermedia de mezcla bituminosa semidensa tipo AC22 bin BC 35/50 S (antigua S-20).
- Riego de adherencia tipo C60B3 ADH.
- Riego de curado tipo C60B3 CUR.
- 15 cm de base de hormigón en masa.
- Los rellenos comentados anteriormente.

CAPAS	SECCIÓN DE LA REPOSICIÓN TEMPORAL DE FIRME TRAS EL VACIADO DE LAS ZANJAS DE LAS VÍAS DE SERVICIO (10 cm de MBC sobre 15 cm de hormigón en masa)	
	Espesor	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD
Rodadura	3 cm	- Mezcla bituminosa discontinua en caliente, tipo BBTM 11B PMB 45/80-65 - Betún PMB 45/80-65 - 100% de filler de aportación, partículas trituradas árido grueso 100% - Dotación de ligante 5% en masa respecto al total del árido seco - Relación ponderal polvo mineral y ligante = 1,20 - Densidad de la mezcla de 2,35 t/m ³
Riego		- Adherencia: Emulsión C60BP3 ADH, con dotación residual 0,5 kg/m ²
Intermedia	7 cm	- Mezcla bituminosa en caliente, tipo AC 22 bin BC 35/50 S (Antigua S-20) - Betún BC 35/50 - Polvo mineral de aportación 100%, partículas fracturadas 100% - Dotación mínima de ligante 4,50% en masa respecto al total de la mezcla incluido el polvo mineral - Tipo de árido: calizo - Relación ponderal polvo mineral y ligante = 1,10 - Densidad de la mezcla sin betún de 2,45 t/m ³
Riego		- Adherencia: Emulsión C60B3 ADH, con dotación residual 0,5 kg/m ² - Curado: Emulsión C60B3 CUR, con dotación residual 0,5 kg/m ²
Base	15 cm	- Hormigón en masa - HM-20
Subbase	> 20 cm	- Material adecuado sobre material seleccionado en las zanjas de los colectores de pluviales (φ 600) de ambas vías de servicio - Material procedente de la excavación en la zanja de la nueva conducción de abastecimiento (φ 400) de la vía de servicio de la calzada creciente y en la zanja del nuevo colector de fecales (φ 600) en la vía de servicio de la calzada decreciente

Sección de la reposición temporal de firme tras el vaciado de las zanjas de las vías de servicio de la A-55 (avenida de Madrid) para carriles y arcenes de anchura inferior a 1,25 m.

8.2. PAVIMENTOS NO DESTINADOS AL TRÁFICO RODADO

El presente apartado tiene por objeto describir la tipología de materiales empleados en las áreas pavimentadas de la avenida de Madrid que no están destinadas al tráfico rodado, concretamente, las aceras en las márgenes de las vías de servicio, las zonas adoquinadas rebasables de los vados en las aceras y la prolongación en mediana de los pasos de peatones transversales a la avenida.

A lo largo de la avenida de Madrid se identifican dos áreas claramente diferenciadas: una predominantemente residencial comprendida entre el p.k. 0+000, en la Plaza de España y el p.k. 0+780, en la intersección de la citada avenida con la rúa Loureiro y la rúa San Roque; y otra de carácter predominantemente terciario comprendida desde el p.k. 0+780 hasta el p.k. 2+160, al final de la actuación.

No obstante lo anterior, se diseña una tipología geométrica homogénea para los elementos que conformarán las zonas pavimentadas de la avenida (no destinadas al tráfico rodado), así como una calidad tipo de los elementos única con materiales graníticos, de forma similar a aquellas mismas calidades que han sido empleadas en recientes proyectos de humanización llevados a cabo tanto en la zona como en otros lugares dentro del término municipal.

Estas calidades que se aplicarán a lo largo y ancho del área de actuación, tendrán una excepción puntual, correspondiente al solado existente en la calzada creciente a la altura del p.k. 1+200 que no será repuesto a fin de no alterar la homogeneidad de la pavimentación del camino Ravisio en su conexión con la avenida de Madrid y dado que esa pavimentación parece haber sido ejecutada recientemente y se encuentra en un buen estado de conservación.

La forma y dimensiones de los bordillos y soleras son las especificadas en el plano nº 6.3 "Secciones tipo. Detalles" del documento nº 2 "Planos", se asentarán sobre morteros y, a su vez, sobre un cimiento corrido o una losa de hormigón HM-20 de 20 cm respectivamente.

8.2.1. BORDILLOS

Las piezas que forma el bordillo se colocarán dejando un espacio entre ellas de cinco milímetros (5 mm). Dicho espacio se rellenará con mortero de cemento. Los bordillos se colocarán perfectamente alineados y de forma que su cara superior quede a la altura de la rasante prevista.

Se han definido los siguientes tipos de bordillo para la avenida de Madrid en Vigo:

- Bordillo recto o curvo de 15 x 25 cm de granito dispuesto en los bordes exteriores del acerado y de las isletas de las tres intersecciones de la avenida de Madrid.
- Bordillo recto de 10 x 20 cm de granito, dispuesto en los bordes interiores del acerado.

8.2.2. SUPERFICIES PAVIMENTADAS

Tal y como se ha definido anteriormente, las únicas superficies pavimentadas no destinadas al tráfico rodado son las superficies de acerado y las áreas adoquinadas existentes en vados de la acera, en la

prolongación en mediana de los pasos de peatones transversales a la avenida en el p.k. 0+010 y en las tercianas de ambas calzadas.

8.2.2.1. Acerados

Se han definido los siguientes tipos de acerado para la avenida de Madrid en Vigo:

- Solado de baldosa granítica de 60 x 40 x 5 cm en todo el acerado proyectado. Este pavimento se recibirá con mortero de cemento y rejuntado con lechada de cemento.
- Solado de baldosa granítica de 30 x 40 x 8 cm en las tercianas de ambas calzadas. Este pavimento se recibirá con mortero de cemento y rejuntado con lechada de cemento.

El pavimento de las aceras irá apoyado, en todo caso, sobre una capa de 3 cm de mortero extendido sobre la base constituida por una solera de hormigón HM-20 de 20 cm de espesor.

8.2.2.2. Áreas adoquinadas

VADOS DE LOS PASOS DE PEATONES

En el plano nº 6.3 "Secciones tipo. Detalles" del documento nº 2 "Planos" se ha representado la geometría de las dos tipologías de vados peatonales disponibles en función de si el ancho de la acera es superior o inferior a 2,40 m.

Para conseguir las medidas reglamentarias correspondiente a cada tipología de vado de peatones se utilizarán piezas especiales de 40 x 40 cm y de 30 x 30 cm.

Las baldosas de los vados peatonales se colocarán sobre una capa de 2 o 3 cm de mortero extendidos sobre la base constituida por 20 cm de hormigón HM-20. La inclinación máxima será de 10% y enrasará perfectamente con el pavimento colindante. Esta inclinación es suficientemente adecuada para respetar la normativa de Accesibilidad de Minusválidos que exige una inclinación inferior a 12%.

Las aristas vistas se cantearán, de modo que, con un radio de 5 cm, se deje visto un vértice curvo en las esquinas del vado.

VADOS EN ACERAS PARA EL ACCESO DE VEHÍCULOS

Para estos vados se proyecta la colocación de adoquines de granito gris con los cantos tronzados y una cara flameada de dimensiones 14 x 14 x 10 cm sentados sobre una capa de mortero de cemento y afirmados con maceta.

La geometría de los adoquines y su disposición en los vados para el acceso de los vehículos a la acera han sido representadas en el plano nº 6.3 "Secciones tipo. Detalles" del documento nº 2 "Planos".

APÉNDICE 1. VALORACIÓN ECONÓMICA DE FIRMES

1. Firme sobre la avenida de Madrid en Vigo

- 1.1. Precios unitarios.
- 1.2. Costes de construcción.
 - 1.2.1. Categoría de tráfico pesado T2.
- 1.3. Costes de rehabilitación.
- 1.4. Costes de construcción, conservación y rehabilitación.
 - 1.4.1. Categoría de tráfico pesado T2.

1. FIRME SOBRE LA AVENIDA DE MADRID EN VIGO

1.1. PRECIOS UNITARIOS

Los precios unitarios que usaremos para el estudio económico son los incluidos en la base de precios de la Dirección General de Carreteras (Orden Circular 37/2016). Son los siguientes:

UD	CONCEPTO	PRECIOS (€)
m ³	Zahorra artificial bajo el firme	18,19
m ³	Zahorra artificial drenante	19,95
t	Mezcla bituminosa drenante PA 16 (rodadura 4 cm)	28,72
t	Mezcla bituminosa discontinua en caliente BBTM 11B (rodadura 3 cm)	27,38
t	Mezcla bituminosa en caliente AC22 bin S (S-20 intermedia)	26,44
t	Mezcla bituminosa en caliente AC32 base G (G-25 base)	26,47
t	BETÚN MEJORADO CON CAUCHO PROCEDENTE DE POLVO DE NFS, TIPO BC50/70 (Betún asfáltico BC(35/50))	480,00
t	BETÚN MEJORADO CON CAUCHO PROCEDENTE DE POLVO DE NFS, TIPO BC50/70 (Betún asfáltico BC(50/70))	480,00
t	BETÚN MODIFICADO CON POLÍMEROS (CON O SIN CAUCHO) TIPO PMB 45/80-60 (Betún modificado BMC-3b)	530,00
t	BETÚN MODIFICADO CON POLÍMEROS (CON O SIN CAUCHO) TIPO PMB 45/80-65 (Betún modificado BMC-3c)	540,00
t	Betún asfáltico B(50/70)	440,00
t	Filler (Polvo mineral de aportación)	49,27
m ³	Suelo-cemento SC-40	21,81
t	Cemento	71,18
m ²	EMULSIÓN C50BF4 IMP EN RIEGO DE IMPRIMACIÓN. Dotación 1 kg/m ² (Riego de imprimación (ECI con dotación residual 1,0 kg/m ²))	0,36
m ²	EMULSIÓN C60B3 CUR EN RIEGOS DE CURADO (Riego de curado (ECR-1 con dotación residual 0,5 kg/m ²))	0,18
m ²	EMULSIÓN C60BP3 ADH, MOD CON POLÍMEROS, EN RIEGOS DE ADHERENCIA (Riego de adherencia (ECR-1m con dotación residual 1,0 kg/m ²))	0,45
m ²	EMULSIÓN C60B3 ADH EN RIEGOS DE ADHERENCIA (Riego de adherencia (ECR-1 con dotación residual 0,5 kg/m ²))	0,18

Tabla 2. Precios para la sección de firmes.

A continuación, se adjuntan las propiedades de los distintos materiales que se han incluido en el estudio económico.

Peso específico PA 16	2,15	T/m ³
Peso específico BBTM 11 B (antigua M-10)	2,35	T/m ³
Peso específico AC 22 bin S (antigua S-20)	2,45	T/m ³
Peso específico AC 32 base G (antigua G-25)	2,42	T/m ³
% en peso de betún modificado BMC-3b en PA 16 PMB 45/80 – 60	4,50	%
% en peso de betún modificado BMC-3b en BBTM 11 B (antigua M-10)	5,00	%
% en peso de betún AC 22 bin S (antigua S-20)	4,00	%
% en peso de betún AC 32 base G (antigua G-25)	4,00	%
Relación filler/betún en rodadura BBTM B y S-D	1,20	-
Relación filler/betún en rodadura PA	1,10	-
Relación filler/betún en intermedia	1,10	-
Relación filler/betún en base	1,00	-
Cemento en suelocemento	100,00	Kg/m ³
Cemento en gravacemento	90,00	Kg/m ³
Dotación de emulsión en R. Adherencia C60BP3 ADH	1,00	Kg/m ²
Dotación de emulsión en R. Imprimación C60B3 ADH	0,50	Kg/m ²
Dotación de emulsión en R. Curado C60B3 CUR	0,50	Kg/m ²
Dotación de emulsión en R. Imprimación C50BF4 IMP	1,00	Kg/m ²

Tabla 3. Propiedades de los materiales.

1.2. COSTES DE CONSTRUCCIÓN

1.2.1. CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO T2

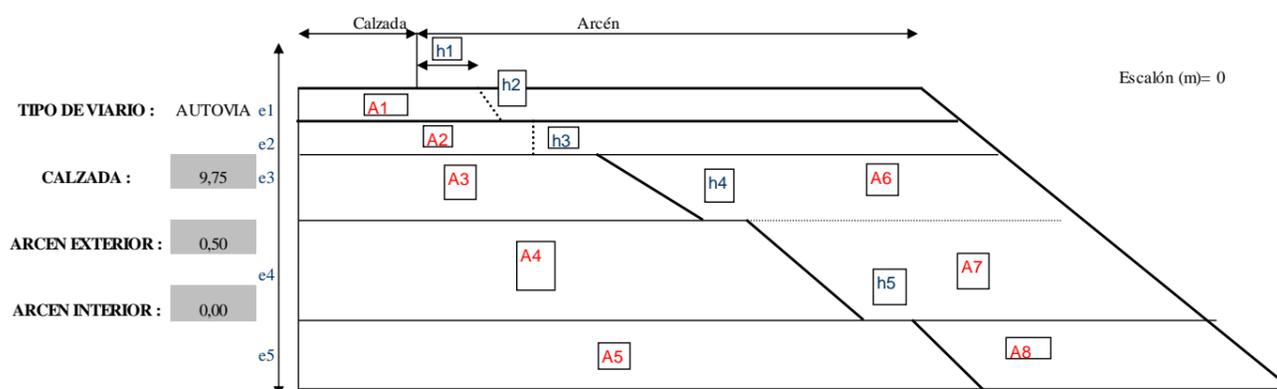
SECCIÓN TIPO: 033

PRECIO Euros/ml	
	138,92
PRECIO Euros/m2	
	13,55

MBC

CATEGORÍA DE TRÁFICO **T2**

CATEGORÍA DE EXPLANADA **E2**



TIPO DE VIARIO : AUTOVIA
 CALZADA : 9,75
 ARCEN EXTERIOR : 0,50
 ARCEN INTERIOR : 0,00

CAPA TIPO	Lmedia(m)	e (m)	dens.	% Betún	F/B	MEZCLA			BETUN			FILLER		
						Lm x e x dens (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml	Mezcla * Betún (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml	Betún * F/B (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml
Rodadura: BBTMB11 (M-10) Betún tipo: PMB 45/80-65	10,25	0,03	2,35	5	1,2	0,722625	27,38	19,78	0,03613125	540,00	19,51	0,0433575	49,27	2,14
Intermedia: AC22 bin S (S-20) Betún tipo: BC 35/50	10,25	0,07	2,45	4,5	1,1	1,757875	26,44	46,48	0,079104375	480,00	37,97	0,087014813	49,27	4,29
Base: AC32 base G (G-25) Betún tipo: BC 35/50	9,75	0,00	2,42	4	1	0	26,47	0,00	0	480,00	0,00	0	49,27	0,00
SUMA								66,26		SUMA	57,48		SUMA	6,42

SUBBASE

CAPA TIPO	Lmedia(m)	e (m)	SUELO INC. CEMENTO			
			Lm x e (m3/ml)	Euros/m3	Euros/ml	
Subbase: SC						
En Calzada, Arcén Interior	9,75	0,00	0	29,50	0,00	
En Arcén Exterior (SC)	0,50	0,00	0	29,50	0,00	
En Arcén Exterior (ZA)	0,50	0,00	0	18,19	0,00	
SUMA						0,00

RIEGOS

RIEGOS	L(m)	Euros/m2xm	Euros/ml
ADHERENCIA BETUN MODIFICADO			
Sobre intermedia	10,25	0,45	4,59
ADHERENCIA BETUN			
Sobre base	10,25	0,41	4,17
Sobre subbase	0,00	0,41	0,00
CURADO			
Sobre subbase	0,00	0,33	0,00
Sobre subbase arcén tongada 1	0,00	0,33	0,00
Sobre subbase arcén tongada 2	0,00	0,33	0,00
SUMA			8,76

Talud Derrames H:V		1	
Longitud capas		Espesor	
MBC	Rodadura (e1)	0,03	
	Intermedia (e2)	0,07	
	Base (e3 + e4)	0,00	
Subbase	Tongada 1	0,00	0,00
	Tongada 2	0,00	0,00

Borde de Calzada					Borde de Arcén				
L	Sobrancho	Derrame	L sup	L inf	L	Sobrancho	Derrame	L sup	L inf
9,75	0,00	0,00	9,75	9,75	10,25	0,00	0,00	10,25	10,25
9,75	0,00	0,00	9,75	9,75	10,25	0,00	0,00	10,25	10,25
9,75	0,00	0,00	9,75	9,75	10,25	0,00	0,00	10,25	10,25
9,75	0,00	0,00	9,75	9,75	10,25	0,00	0,00	10,25	10,25
9,75	0,00	0,00	9,75	9,75	10,25	0,00	0,00	10,25	10,25

PG3 Dotación Riego adherencia 250 g/m2
 Dotación Riego curado 300 g/m3

Sobrancho: h1, h2, h3, h4 y h5

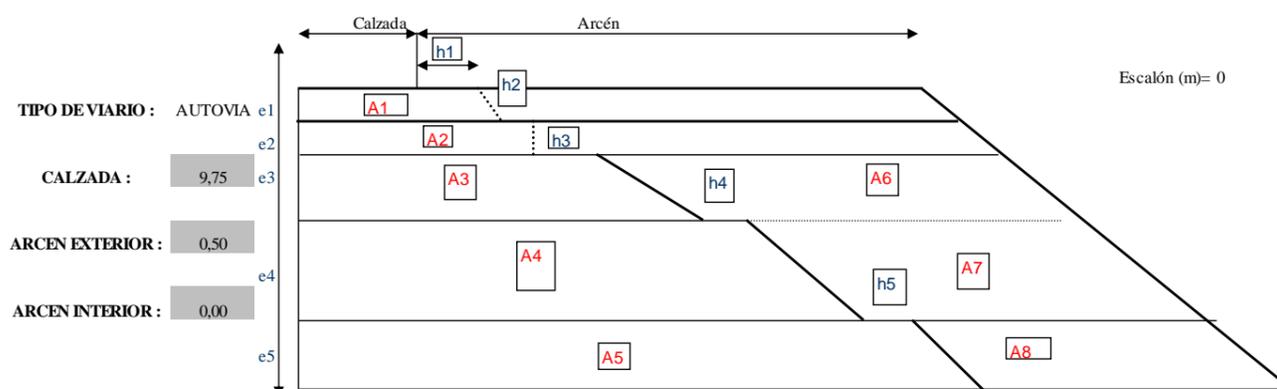
SECCIÓN TIPO: 033

PRECIO Euros/ml	
	133,70
PRECIO Euros/m2	
	13,04

MBC

CATEGORÍA DE TRÁFICO **T2**

CATEGORÍA DE EXPLANADA **E2**



TIPO DE VIARIO : AUTOVIA e1
 CALZADA : 9,75 e2
 ARCEN EXTERIOR : 0,50 e3
 ARCEN INTERIOR : 0,00 e4
 e5

CAPA TIPO	Lmedia(m)	e (m)	dens.	% Betún	F/B	MEZCLA			BETUN			FILLER		
						Lm x e x dens (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml	Mezcla * Betún (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml	Betún * F/B (tn/ml)	Euros/tn	Euros/ml
Rodadura: PA 16 Betún tipo: PMB 45/80-65	10,25	0,04	2,15	4,5	1,1	0,8815	28,72	25,32	0,0396675	540,00	21,42	0,04363425	49,27	2,15
Intermedia: AC22 bin S (S-20) Betún tipo: BC 35/50	10,25	0,06	2,45	4,5	1,1	1,50675	26,44	39,84	0,06780375	480,00	32,55	0,074584125	49,27	3,67
Base: AC32 base G (G-25) Betún tipo: BC 35/50	9,75	0,00	2,42	4	1	0	26,47	0,00	0	480,00	0,00	0	49,27	0,00
SUMA								65,16		SUMA	53,97		SUMA	5,82

SUBBASE

CAPA TIPO	Lmedia(m)	e (m)	SUELO INC. CEMENTO			
			Lm x e (m3/ml)	Euros/m3	Euros/ml	
Subbase: SC En Calzada y Arcén Interior	9,75	0,00	0	29,50	0,00	
En Arcén Exterior (SC)	0,50	0,00	0	29,50	0,00	
En Arcén Exterior (ZA)	0,50	0,00	0	18,19	0,00	
SUMA						0,00

RIEGOS

RIEGOS	L(m)	Euros/m2xm	Euros/ml
ADHERENCIA BETUN MODIFICADO Sobre intermedia	10,25	0,45	4,59
ADHERENCIA BETUN MODIFICADO Sobre base	10,25	0,41	4,17
Sobre subbase	0,00	0,41	0,00
CURADO Sobre subbase	0,00	0,33	0,00
Sobre subbase arcén tongada 1	0,00	0,33	0,00
Sobre subbase arcén tongada 2	0,00	0,33	0,00
SUMA			8,76

PG3 Dotación Riego adherencia 250g/m2
 Dotación Riego curado 300g/m3

Talud Derrames H:V		1	
Longitud capas		Esesor	
MBC	Rodadura (e1)	0,04	
	Intermedia (e2)	0,06	
	Base (e3 + e4)	0,00	
Subbase	Tongada 1	0,00	0,00
	Tongada 2	0,00	0,00

Borde de Calzada					Borde de Arcén				
L	Sobrancho	Derrame	L sup	L inf	L	Sobrancho	Derrame	L sup	L inf
9,75	0,00	0,00	9,75	9,75	10,25	0,00	0,00	10,25	10,25
9,75	0,00	0,00	9,75	9,75	10,25	0,00	0,00	10,25	10,25
9,75	0,00	0,00	9,75	9,75	0,00	0,00	0,00	10,25	10,25
9,75	0,00	0,00	9,75	9,75	10,25	0,00	0,00	10,25	10,25
9,75	0,00	0,00	9,75	9,75	10,25	0,00	0,00	10,25	10,25

Sobrancho: h1, h2, h3, h4 y h5

1.3. COSTES DE REHABILITACIÓN

Unidad	Descripción		Precio (€/m³)
m3	Capa de rodadura	PA 16	119,72
m3	Capa de rodadura	BBTM 11 B (M-10)	134,73
m3	Capa intermedia	AC 22 bin S (S-20)	123,67

Cuadro resumen del coste de las unidades.

Refuerzo	Capa	M.B.C.	Base superior (m)	Base inferior (m)	Espesor (m)	Volumen (m³/m)	Coste rehabilitación por m (€) en valor actual	Coste rehabilitación por m2 (€)
A los 10 años	Rodadura	BBTM 11 B (M-10)	10,25	10,25	0,03	0,31	41,43	
A los 20 años	Rodadura	BBTM 11 B (M-10)	10,25	10,25	0,03	0,31	41,43	
	Intermedia	AC22 bin S (S-20)	10,25	10,25	0,07	0,72	88,73	
Total							171,59	16,74

Costes de rehabilitación. Alternativa 1.

Refuerzo	Capa	M.B.C.	Base superior (m)	Base inferior (m)	Espesor (m)	Volumen (m³/m)	Coste rehabilitación por m (€) en valor actual	Coste rehabilitación por m2 (€)
A los 10 años	Rodadura	PA 16	10,25	10,25	0,04	0,41	49,09	
A los 20 años	Rodadura	PA 16	10,25	10,25	0,04	0,41	49,09	
	Intermedia	AC22 bin S (S-20)	10,25	10,25	0,06	0,62	76,06	
Total							174,23	17,00

Costes de rehabilitación. Alternativa 2.

1.4. COSTES DE CONSTRUCCIÓN, CONSERVACIÓN Y REHABILITACIÓN

1.4.1. CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO T2

ACTUACIÓN	EXPLANADA	SECCION FIRME	COSTE (€/m ²)	COSTE CONSTRUCCIÓN C1 (€/m ²)	COSTE CONSERVACIÓN C2 (€/m ²)	COSTE REHABILITACIÓN C3 (€/m ²)	C1 + C2 + C3 (€/m ²)
REPOSICIÓN TRAS EL FRESADO DEL TRONCO Y DE LAS VÍAS DE SERVICIO	EXPLANADA E2	BBTM 11 B	13,55	13,55	4,03	16,74	34,33
		PA 16	13,04	13,04	3,88	17,00	33,92

Costes totales de construcción, conservación y rehabilitación de ambas alternativas.