
ANEJO Nº 10. FIRMES Y PAVIMENTOS

ANEJO Nº 10. FIRMES Y PAVIMENTOS

ÍNDICE

10.1. INTRODUCCIÓN.....	1	10.4.1.1. PRECIOS PARA LA FORMACIÓN DE EXPLANADA	15
10.2. FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO.....	2	10.4.1.2. PRECIOS PARA LA SECCIÓN DE FIRMES.....	15
10.2.1. CATEGORÍA DEL TRÁFICO PESADO	2	10.4.1.3. VALORACIÓN DE LA EXPLANADA.....	15
10.2.1.1. DISTRIBUCIÓN DE TRÁFICOS	2	10.4.2. VALORACIÓN DE LAS SECCIONES DE FIRME.....	15
10.2.1.2. CATEGORÍAS POR TRAMOS	9	10.4.2.1. COSTE DE CONSTRUCCIÓN DE LAS SECCIONES CON TRÁFICO T0.....	16
10.2.2. CATEGORÍA DE LA EXPLANADA	9	10.4.2.2. COSTE DE CONSTRUCCIÓN DE LAS SECCIONES CON TRÁFICO T1.....	16
10.2.2.1. DEFINICIÓN DE LA EXPLANADA.....	9	10.4.2.3. COSTES DE CONSERVACIÓN	17
10.2.2.2. PROCEDENCIA DE MATERIALES	10	10.4.3. VALORACIÓN CONJUNTA FIRME-EXPLANADA	17
10.2.3. MATERIALES PARA LA SECCIÓN DE FIRME	10	10.5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	17
10.2.3.1. MEZCLA BITUMINOSA	11	10.5.1. SECCIONES CON TRÁFICO T0.....	17
10.2.3.2. SUELO CEMENTO.....	12	10.5.2. SECCIONES CON TRÁFICO T1	18
10.2.3.3. ZAHORRA ARTIFICIAL	13	10.5.3. ESTRUCTURAS	18
10.2.3.4. RIEGO DE ADHERENCIA	13	10.5.4. CONEXIONES CON FIRME EXISTENTE	19
10.2.3.5. RIEGO DE CURADO	13	10.6. NORMATIVA EMPLEADA.....	19
10.2.3.6. RIEGO DE IMPRIMACIÓN	13		
10.2.3.7. RELLENO PARA IMPERMEABILIZACIÓN DE BERMAS.....	13		
10.3. SOLUCIONES DEL CATÁLOGO DE FIRMES	13	APÉNDICE Nº 1: JUSTIFICACIÓN DE LAS DENSIDADES DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS	
10.3.1. SECCIONES CON TRÁFICO T0	13	APÉNDICE Nº 2: VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS SECCIONES DE FIRME	
10.3.2. SECCIONES CON TRÁFICO T1	14		
10.4. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS ESTUDIADAS	15		
10.4.1. PRECIOS UNITARIOS	15		

ANEJO Nº 10. FIRMES Y PAVIMENTOS

10.1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es la selección de la sección de firme más adecuada para el "PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN: M-40. CALZADAS DE SERVICIO Y OTRAS ACTUACIONES. NUEVOS RAMALES DE CONEXIÓN DE LA M-14 Y M-21 CON VIA DE SERVICIO INTERIOR DE LA M-40 Y ELIMINACIÓN DEL TRENZADO EXISTENTE. TRAMO: ENLACE M-40/M-14/M-21. MADRID", según los criterios y soluciones contempladas en la Norma 6.1-I.C. (publicada en el B.O.E. de 12 de diciembre de 2003).

Para la elección de la sección de firme se parte del análisis de los factores de dimensionamiento y metodologías contemplados en la Norma de Secciones de Firme 6.1-IC. Estos factores son:

- Categoría de tráfico pesado
- Categoría de la explanada
- Materiales para la sección

A partir de estos factores se seleccionan las posibles soluciones de las contempladas en el catálogo de firmes de la Norma 6.1-I.C., que satisfacen los requisitos anteriores, descartando las secciones que se consideren inadecuadas.

En tercer lugar, se realiza una evaluación económica del coste conjunto de la explanada y sección de firme para las soluciones seleccionadas. Para dicha comparación se consideran unos precios estimativos de las unidades que solo sirven a efecto comparativo entre las distintas soluciones de firme que se estudian.

Por último, se describen en detalle las soluciones adoptadas para el firme de los ramales proyectados.

10.2. FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO

10.2.1. CATEGORÍA DEL TRÁFICO PESADO

Según la Norma 6.1. I-C “Secciones de Firme” el dimensionamiento del firme es función de la intensidad media diaria de tráfico pesado (IMDp) que se prevea para el carril de proyecto en el año de la puesta en servicio, fijado en este caso como el 2017. En función de dicha intensidad se establecen las siguientes categorías de tráfico.

Categoría de tráfico pesado	IMD pesado
T00	≥ 4000
T0	2000 – 4000
T1	800 – 2000
T2	200 – 800
T3.1	100 – 200
T3.2	50 – 100
T4.1	25 – 50
T4.2	< 25

La Norma 6.1. I-C también indica que, si no se pudiera disponer de datos concretos sobre asignación por carriles, para la determinación de la categoría de tráfico pesado se admitirá 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 ese sentido.
- 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.

Las previsiones de tráfico para el año de puesta en servicio se extraen del Anejo nº 6 Tráfico, en el que se ha realizado un estudio específico del tráfico de vehículos totales y del tráfico de vehículos pesados.

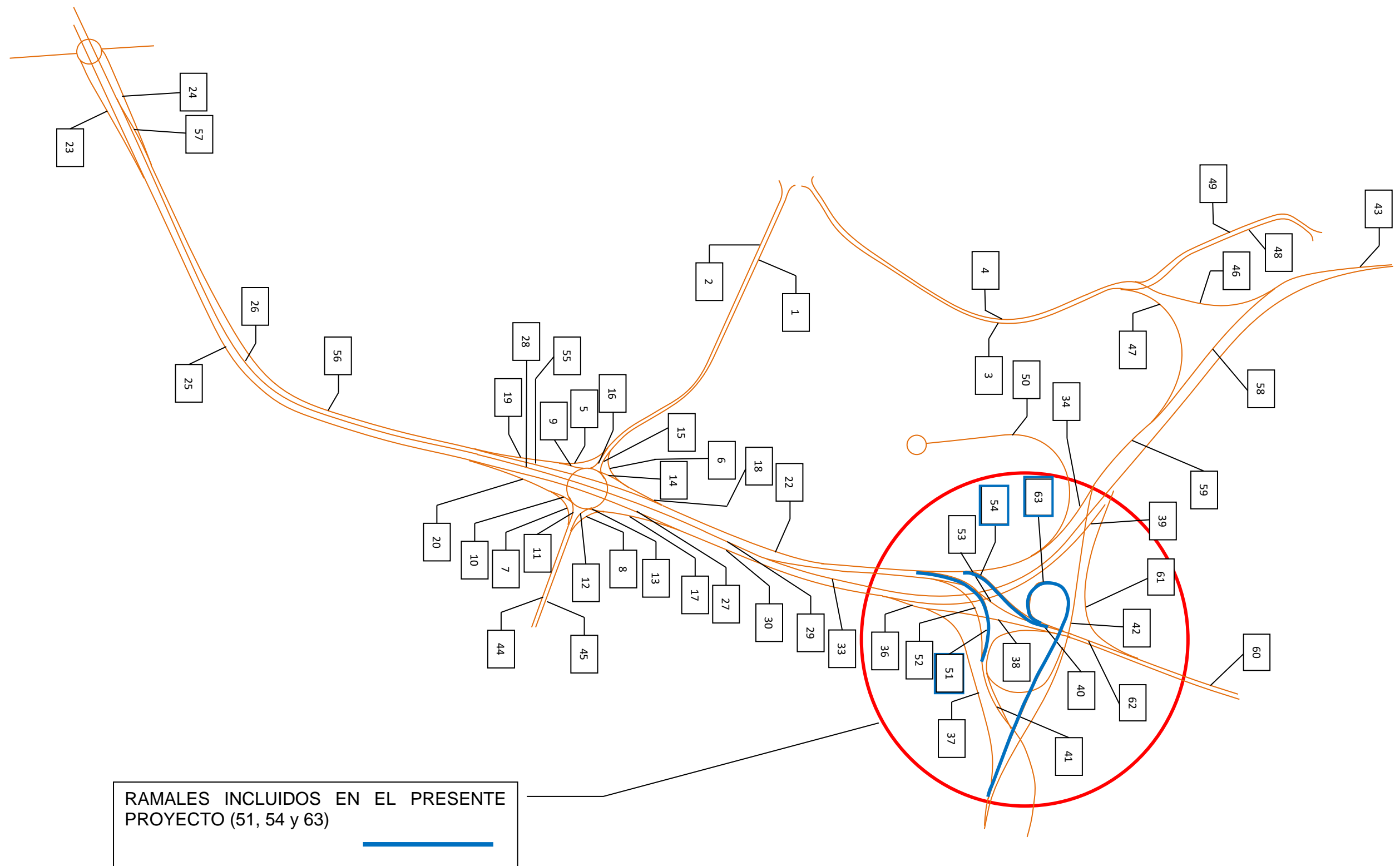
10.2.1.1. DISTRIBUCIÓN DE TRÁFICOS

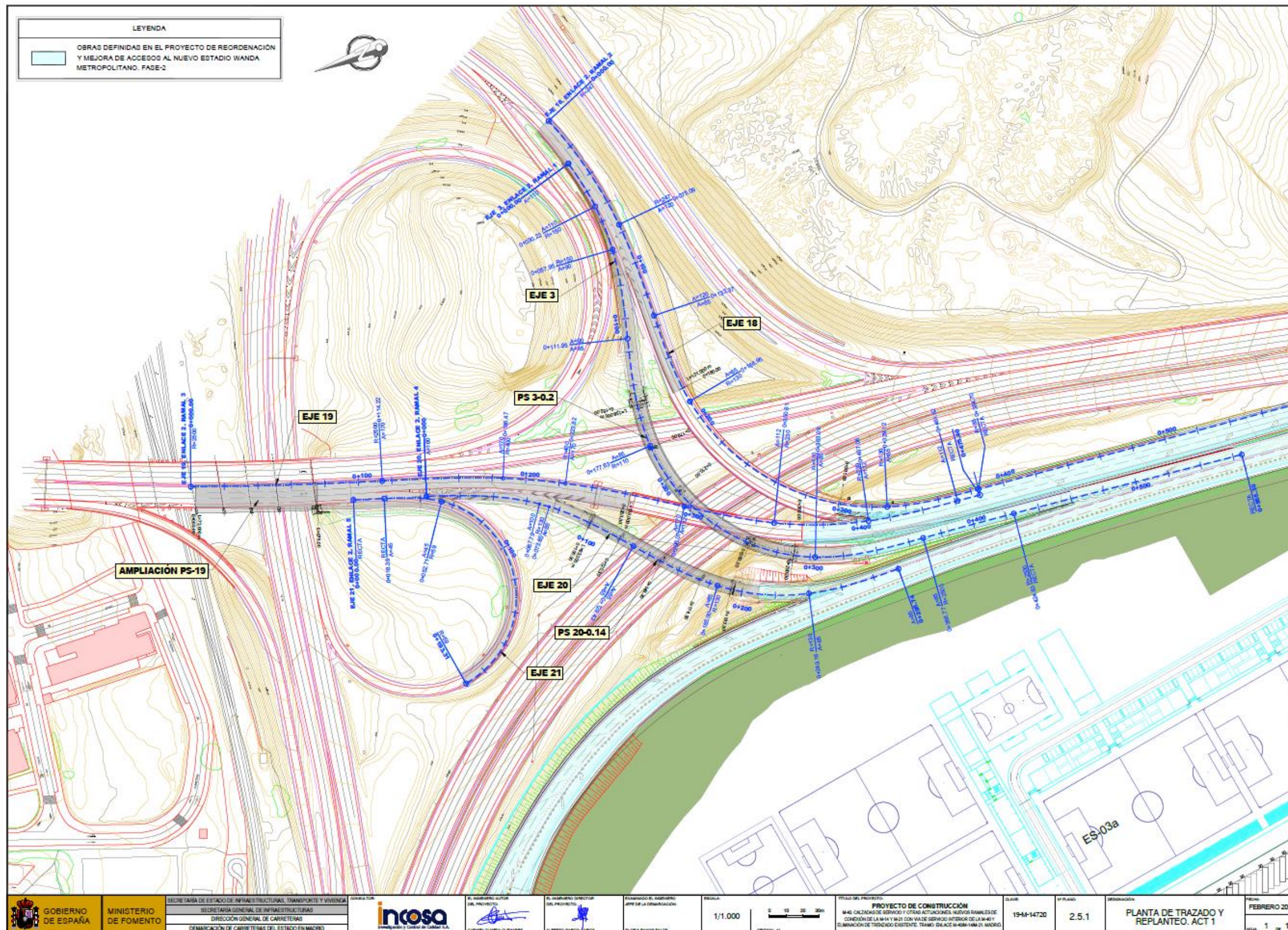
De acuerdo con el Anejo nº 6 *Tráfico* se esperan las siguientes intensidades de vehículos totales y pesados por tramos:

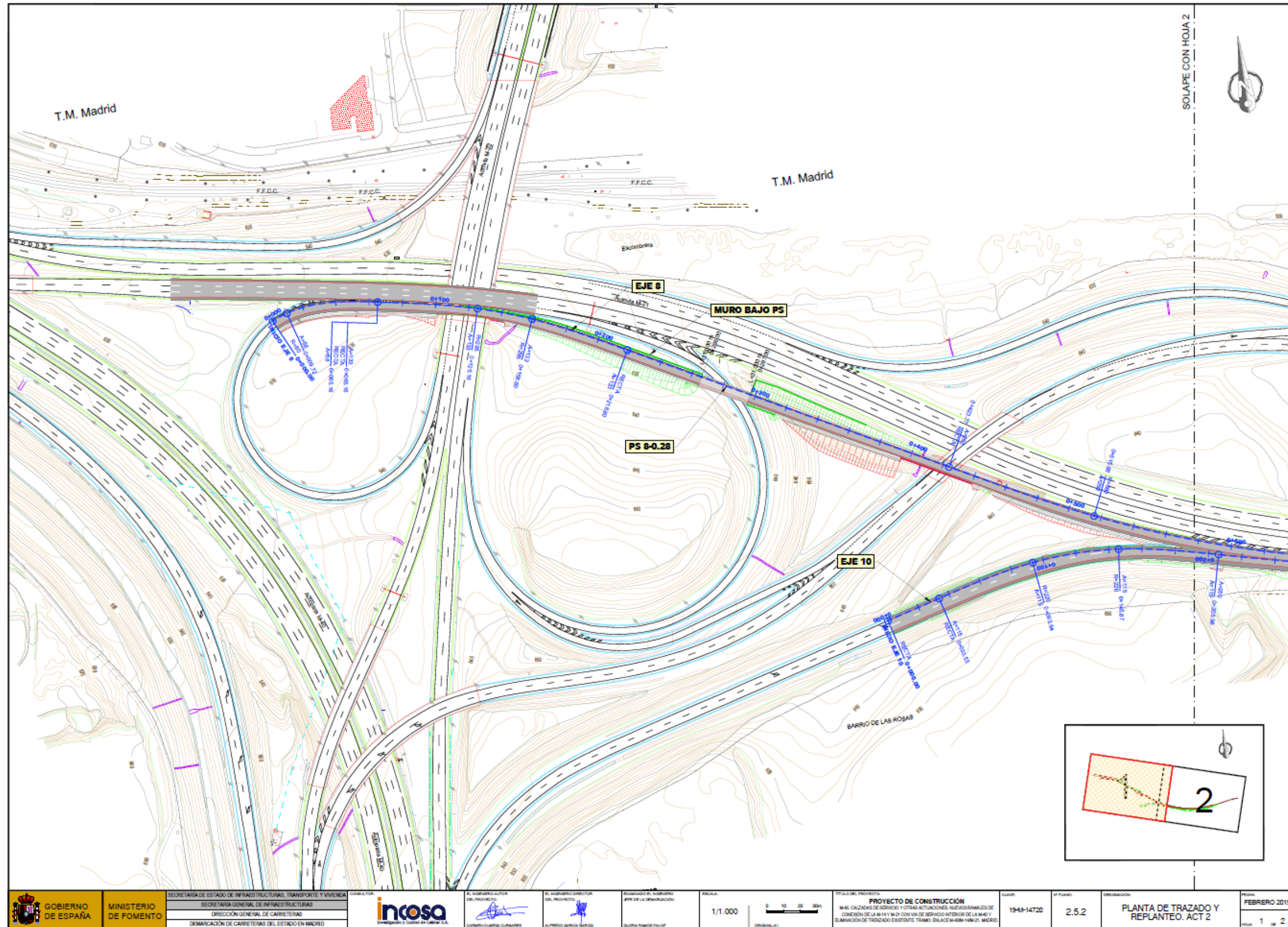
Ref	Eje	Descripción	Con Estadio	
			IMD	IMDp
37	10	Conexión M40 a M21	8.315	656
51	3	M21 a nueva vía de servicio	5.003	395
52	18	M21 a tronco M40	12.205	962
53	19	M14 a tronco M40	25.760	1.984
54	20	M14 a nueva vía de servicio	9.256	712
60	-	M-14 tronco sentido sur	58.408	4.497
61	-	M14 a M-40 norte	13.085	1.008
62	19	M14 a tronco M40	45.323	3.489
63	8+21	M14 a M21	10.706	825

En las figuras de la página siguiente se muestran los diferentes ejes de la tabla de acuerdo a la nueva configuración de los viales tras la implementación de las actuaciones del presente proyecto.

Los nuevos ramales a ejecutar corresponden con los ejes nº 3 y 20 con referencias 51 y 54 respectivamente y el número 8 con referencia 63.







 GOBIERNO DE ESPAÑA	 MINISTERIO DE FOMENTO	SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTE Y VIVIENDA	 INCOSA	 IN. INGENIERO EN JEFE DEL PROYECTO	 IN. INGENIERO EN JEFE DEL PROYECTO	ESCALA: 1/1.000	 0 10 20 30m	TÍTULO DEL PROYECTO: PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN M-40. CALZADAS DE SERVIDO Y OTRAS ACTUACIONES. NUEVOS RAMALES DE CONEXIÓN DE LA M-14 Y M-21 CON VIA DE SERVIDO INTERIOR DE LA M-40 Y ELIMINACIÓN DE TRENZADO EXISTENTE. TRAMO: ENLACE M-40/M-14/M-21. MADRID.	CANTON: 19-M-14720	Nº PLANOS: 2.5.2	DESCRIPCIÓN: PLANTA DE TRAZADO Y REPLANTEO. ACT 2	FECHA: FEBRERO 2019
		SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS										

10.2.1.2. CATEGORÍAS POR TRAMOS

Aplicando los criterios de la Norma 6.1. I-C “Secciones de Firme” se obtienen las siguientes categorías de tráfico:

Ref	Descripción	Con Estadio		Nº Carriles	Tráfico en el carril de proyecto	Categoría de Tráfico	Sección adoptada
		IMD	IMDp				
37	Conexión M40 a M21	8315	656	1	656	T2	T1
51	M21 a nueva vía de servicio	5003	395	1	395	T2	T1
52	M21 a tronco M40	12205	962	1	962	T1	T1
53	M14 a tronco M40	25760	1984	2	1984	T1	T1
54	M14 a nueva vía de servicio	9256	712	1	712	T2	T1
51+52	M21 a tronco y nueva vía	17208	1357	2	1357	T1	T1
53+54	M14 a tronco y nueva vía	35016	2696	3	2292	T0	T0
60	M14 previo enlace	58408	4497	4	3822	T0	T0
61	de M14 a M40 norte (61)	13085	1008	1	1008	T1	T1
62	M14 despues de salida a M40	45323	3489	3	2966	T0	T0
63	de M14 a M21 (63)	10706	825	1	825	T1	T1
37+63	hacia M-21 sentido Este	19021	1481	1	1481	T1	T1

En el enlace (M-21 / M-14) se considera una categoría de tráfico pesado única T1, igual a la mayor de las existentes en sus ramales, con el fin de obtener una sección de firme uniforme en todo el enlace de cara a simplificar la ejecución de las obras, aunque se obtenga una sección sobredimensionada para alguno de los ramales del enlace. No obstante, se puede comprobar que las categorías de tráfico existentes en sus ramales no difieren en más de una categoría, por lo que el sobredimensionado de la sección de firme es mínimo.

10.2.2. CATEGORÍA DE LA EXPLANADA

La Norma 6.1-IC de 28 de noviembre de 2003 considera tres categorías de explanada, que quedan determinadas por su módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (E_{v2}), obtenido según la Norma NLT-357 “Ensayo de carga con placa”.

La formación de la explanada depende del tipo de suelo de la explanación o de la obra de tierra subyacente, así como de las características y espesores de los materiales disponibles.

El primer dato que es necesario conocer para caracterizar la explanada de cada uno de los tramos de proyecto es la definición de las características de los materiales en los que asienta en las dos situaciones posibles, desmonte y terraplén.

En el Anejo nº 7 *Estudio geotécnico del corredor* del presente proyecto se aportan los ensayos de laboratorio de cada una de las zonas, permitiendo su clasificación según los criterios marcados en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras y Puentes (PG-3).

En función de los terrenos naturales encontrados en los fondos de desmonte y los aportados en la coronación del terraplén se define el tipo de suelo sobre el que se debe construir la explanada, salvo que cuenten con la categoría y espesor suficientes.

La categoría de la explanada a construir en el tronco de la autovía debe ser E3 atendiendo a la Nota de Servicio 5/2006 del Ministerio de Fomento sobre *Explanaciones y capas de firme tratadas con cemento* donde se establece que “...independientemente de la categoría de tráfico pesado previsto en la fecha de puesta en servicio, todo tramo de autovía de nueva construcción que se proyecte deberá disponer de una categoría de explanada tipo E3”.

En los enlaces y accesos se pueden adoptar categorías de explanada inferiores, si bien en este proyecto, debido a las condiciones especiales de la obra y para unificar la solución se ha optado en todos los casos por una explanada E3.

10.2.2.1. DEFINICIÓN DE LA EXPLANADA

Las características del suelo subyacente dependen en este caso del terreno natural atravesado, cuyo estudio se realiza en el Anejo nº 7 *Estudio geotécnico del corredor*.

De acuerdo con las conclusiones de dicho anejo, el material que aparecerá en fondo de desmonte corresponderá a materiales del sustrato terciario (T), constituido por arenas arcillosas y arcillas arenosas. Igualmente, el material que se empleará para la definición de los núcleos de terraplén procederá en su integridad de los materiales terciarios, que se han clasificado como material tolerable, en su mayoría, pero aproximadamente un cuarto de las muestras ensayadas (25%) se han clasificado como materiales Marginales. Así pues, a los efectos de la definición de las explanadas, deben considerarse los materiales más desfavorables de los que pueden aparecer en los fondos de desmonte es decir los marginales.

Igualmente, para la selección del modo de conformar la explanada deben tenerse también en cuenta otras circunstancias que afectan a la obra, tales como que se encuentra

en el casco urbano de Madrid, con las complicaciones que ello conlleva para el transporte de materiales desde áreas fuente, y que no hay en el emplazamiento materiales adecuados o seleccionados que se deberían traer de graveras.

Por otro lado, las soluciones geotécnicas especiales que se proponen en dicho anejo se deben realizar mediante el empleo de cal. Por todo ello, y a los efectos de homogeneizar la conformación de la explanada se recomienda, como solución más sencilla, la de recurrir a la de los suelos estabilizados con cal.

Teniendo en cuenta lo anterior, la única opción para lograr una explanada E3 sobre suelo marginal y empleando suelos estabilizados con cal es la siguiente, de acuerdo con la norma 6.1-IC:

Explanada E3 sobre suelo marginal

S-EST 3	0,30 m
S-EST 1	0,50 m
Suelo marginal	> 1,00 m

De este modo, debido a las condiciones especiales de la obra, para homogeneizar soluciones y permitir un mayor aprovechamiento de los materiales existentes, evitando recurrir a préstamos o graveras se ha optado por esta solución para todos los casos.

10.2.2.2. PROCEDENCIA DE MATERIALES

Para la formación de explanadas son necesarios suelos estabilizados tipos 1 y 3, para los cuales está previsto utilizar materiales procedentes de la excavación puesto que, según el anejo geotécnico, cumplen los requisitos.

No obstante, en el caso de que fuera necesario recurrir a materiales fuera de las obras, en las inmediaciones de la zona objeto de proyecto existen graveras y plantas de suministro de áridos.

Cantera	Material explotado	Propiedad	Distancia a la obra (km)	Capacidad de Producción	Localidad
G-1	Gravas y arenas	ARIPRESA (EL PORCAL)	17	-	Rivas-Vaciamadrid
G-2	Gravas y arenas	ARIPRESA(VELILLA)	13	550 Tm/h	Velilla de san Antonio
G-3	Gravas y arenas	TRAMSA S.A. GRUPO MAT	15	600 Tm/h	Arganda del Rey
G-4	Gravas y arenas	FUENTEPEÑA S.A.	5	500.000T/año	San Fernando de Henares
G-5	Gravas y arenas	FRUPESA S.A..	140	-	Montearagón (Toledo)
G-6	Gravas y arenas	HOLCIM ESPAÑA	60	1.500.000 T/año	Aranjuez
G-7	Gravas y arenas	GRUPO FERNÁNDEZ ESCUDERO	26	6.500 T/Día	Campo Real

Tabla resumen de las graveras del entorno de la zona objeto de proyecto

10.2.3. MATERIALES PARA LA SECCIÓN DE FIRME

En la Norma 6.1-I.C. *Secciones de Firmes*, se presenta un catálogo de secciones de las cuales se estudiarán las siguientes:

- Las correspondientes a explanadas tipo E3

Se descartan los pavimentos de hormigón vibrado por las siguientes razones:

1. Se debe procurar la máxima continuidad y homogeneidad con los tramos contiguos.
2. Es un pavimento más ruidoso que el pavimento de mezcla bituminosa, lo que causa molestias en los usuarios.
3. La ejecución del pavimento de hormigón es más costosa que el de mezcla bituminosa.
4. El pavimento de hormigón necesita menos conservación que uno de mezcla bituminosa, pero no se compensa el hecho de que las actuaciones son más costosas.
5. La experiencia en la construcción de este tipo de pavimentos es menor.

6. Necesita una maquinaria más particular para su ejecución, lo que limita el número de contratistas que puedan llevarlo a cabo.

Se descartan las secciones que incluyen una capa de grava cemento por las siguientes razones:

1. Dificultad de ejecución; la mezcla se debe realizar en central, cuidando evitar 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.
2. Este tipo de material ha caído en desuso debido a los problemas de las grietas de retracción que posteriormente se reflejan en la rodadura.
3. Sensibilidad durante la ejecución a las altas temperaturas debido a la pérdida excesiva de humedad que se produciría.

El resto de secciones incluidas en el catálogo de la Norma 6.1-I.C., constan de capas superiores de mezclas bituminosas sobre zahorra artificial o suelo cemento. Se analizan a continuación estos materiales:

10.2.3.1. MEZCLA BITUMINOSA

La categoría de tráfico pesado en el año de puesta en servicio en el tronco de la M-14 y M-21 es T0.

Se emplearán exclusivamente mezclas bituminosas en caliente.

Según los criterios marcados por la Norma 6.1-I.C. *Secciones de Firme* se determina que el tramo se encuentra en una zona térmica estival cálida.

Para dicha zona térmica y categoría de tráfico T0 se deben utilizar los siguientes ligantes hidrocarbonados y espesores de capa siguientes, según la Tabla 6 de la Norma 6.1-I.C y los artículos 542 y 543 del PG-3:

- El espesor de la capa de rodadura será de 3 cm para mezclas bituminosas discontinuas tipo BBTM B o 4 cm de mezcla drenante PA. Las secciones con mezcla drenante son más económicas que las discontinuas tipo BBTM, debido principalmente al menor contenido del ligante empleado en las mezclas

drenantes (tipo PBM45/80-65) con respecto al de las discontinuas (tipo PBM45/80-65), así como a la diferencia de filler necesario entre ambas mezclas.

- En la capa intermedia: El espesor de capa estará comprendido entre los valores 5-10 cm siendo la mezcla empleada de tipo AC bin D o AC bin S y el betún tipo B35/50, BC35/50, PMB25/55-65 o PMB45/80-65; o entre 6-10 cm empleando una mezcla bituminosa de alto módulo y betún PMB10/40-70.
- En capa base: El espesor de capa estará comprendido entre los valores 7-15 cm empleando una mezcla de tipo AC base S o AC base G y betún tipo B35/50, BC35/50 o PMB25/55-65; o entre 7-13 cm empleando una mezcla bituminosa de alto módulo y betún B15/25.

Dado el elevado número de vehículos circulantes (IMD > 10.000) y al tratarse de autopistas periurbanas puede aceptarse el uso de mezclas drenantes si esto mejora las condiciones de seguridad. El entorno de la autovía en días de climatología adversa muestra mayores estados de congestión, por lo que la mejora de la conducción, la capacidad de mantener las mismas velocidades y la reducción de la accidentalidad pueden justificar el uso de este tipo de soluciones.

La categoría de tráfico pesado en el año de puesta en servicio considerada en los ramales objeto del presente proyecto es T1.

Se emplearán exclusivamente mezclas bituminosas en caliente.

Según los criterios marcados por la Norma 6.1-I.C. *Secciones de Firme* se determina que el tramo se encuentra en una zona térmica estival cálida.

Para dicha zona térmica y categoría de tráfico T1, las características de las capas de firme y los materiales a usar en ellas son las siguientes:

- El espesor de la capa de rodadura será de 3 cm para mezclas bituminosas discontinuas tipo BBTM B o 4 cm de mezcla drenante PA. Las secciones con mezcla drenante son más económicas que las discontinuas tipo BBTM, debido principalmente al menor contenido del ligante empleado en las mezclas drenantes (tipo PBM45/80-65 o PBM45/80-60) con respecto al de las

discontinuas (tipo PBM45/80-65 o PBM45/80-60), así como a la diferencia de filler necesario entre ambas mezclas.

- En la capa intermedia: El espesor de capa estará comprendido entre los valores 5-10 cm siendo la mezcla empleada de tipo AC bin D o AC bin S y el betún tipo B35/50, BC35/50, PMB25/55-65, PMB45/80-60; PMB45/80-65 o entre 6-10 cm empleando una mezcla bituminosa de alto módulo y betún PMB10/40-70.
- En capa base: El espesor de capa estará comprendido entre los valores 7-15 cm empleando una mezcla de tipo AC base S o AC base G y betún tipo B35/50, B50/70, BC35/50 o BC50/70; o entre 7-13 cm empleando una mezcla bituminosa de alto módulo y betún B15/25.

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

La mezcla en arceles será prolongación de las capas de rodadura e intermedia de la calzada siendo su espesor mayor o igual a 15 cm sobre zahorras y 10 cm sobre capas tratadas con cemento. En cualquier caso, irá pavimentado.

El tipo y composición de la mezcla son función principalmente del espesor definitivo, la climatología y la categoría de 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 BBTM A, entre 1,0 y 1,2 para mezclas discontinuas tipo BBTM B y entre 0,9 y 1,1 para mezclas drenantes PA. En capas intermedia y base la relación recomendada entre polvo mineral y ligante es de 1,1 y 1,0 respectivamente para el tramo en estudio.

Las características del árido a emplear serán las marcadas por los artículos 542 y 543 del PG-3, todo el árido fino deberá proceder de la trituración de piedra de cantera o grava, y el 100% del polvo mineral será de aportación en capa de rodadura e intermedia de carriles, pudiéndose reducir en capa de rodadura hasta el 50 % en los arceles, y en capa base se puede reducir al 50% en todos los casos.

El ligante será el definido en los artículos 211 y 215 del PG-3, atendiendo a las consideraciones realizadas por 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 (NFU), por lo que se empleará caucho procedente de NFU en la mejora de los betunes (que por tanto pasan a denominarse con la simbología BC en lugar de B) y en la modificación de los betunes modificados (que pasan a denominarse BMC en lugar de BM).

Es necesario el empleo de una central de mezcla continua o discontinua para la fabricación de las mezclas bituminosas, transportándose al lugar de empleo en camiones de cajas lisas y estancas perfectamente limpias y provisto de lona para proteger la mezcla en su transporte. La extensión se realizará con extendedora autopropulsada, con dispositivo de nivelación, y que precompacte al extender. Las características definitivas de las capas se obtienen finalmente con el equipo de compactación.

Las características técnicas de los pavimentos bituminosos son adecuadas para el tramo que se proyecta por las siguientes razones:

1. Es el tipo de pavimento más utilizado, por lo que existe más experiencia y un mayor número de empresas con maquinaria de características adecuadas para una buena ejecución.
2. La ejecución de la mezcla se puede realizar en cualquier época del año ya que no existe ningún tipo de limitación por causas térmicas.
3. Empleando mezcla bituminosa se consigue un firme homogéneo con los tramos contiguos.
4. Se consigue una rodadura más cómoda para los usuarios.
5. La ejecución de este tipo de pavimento es más económica que la de hormigón.
6. El pavimento de mezcla bituminosa necesita más conservación, pero las actuaciones son más sencillas y económicas.

10.2.3.2. SUELO CEMENTO

Este material consiste en una mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y eventualmente adiciones, realizada en central, que una vez puesto en obra se debe compactar y curar. 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

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 y un suelo-cemento tipo SC-40, con espesores no inferiores a 20 cm.

10.2.3.3. ZAHORRA ARTIFICIAL

Se trata de un material granular de geometría continua procedente de cantera o grava natural. Al estar compuesta por partículas de todos los tamaños es posible obtener una compacidad elevada, aumentando los puntos de contacto de las partículas entre sí y disminuyendo el riesgo de atrición. Los áridos de machaqueo tienen un mayor número de caras de fractura, lo que consigue aumentar la rigidez de su esqueleto mineral. Este material deberá estar exento de cualquier materia que pueda afectar la durabilidad de la capa.

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.

La zahorra artificial se prepara en central, se transporta hasta el lugar de empleo previamente preparado, se extiende y compacta, humedeciéndolo caso de ser necesario.

10.2.3.4. 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 y 0,20 kg/m² en el resto. La correcta ejecución de estos riegos es fundamental para el buen comportamiento del firme.

Se ha previsto la ejecución de estos riegos mediante el empleo de una emulsión modificada con polímeros C60BP3 ADH bajo la capa de rodadura y una emulsión C60B3 ADH en el resto de los casos.

10.2.3.5. RIEGO DE CURADO

Sobre las capas tratadas con un conglomerante hidráulico y al objeto de impermeabilizar toda la superficie y evitar la evaporación del agua necesaria para el correcto fraguado se aplicará un riego de curado según lo indicado en el artículo 532 del PG-3.

El tipo de emulsión bituminosa a emplear será emulsión C60B3 CUR o C60B2 CUR.

La dotación de emulsión bituminosa a utilizar deberá garantizar la formación de una película continua, uniforme e impermeable y no será inferior a 0,30 kg/m² de betún residual.

10.2.3.6. 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 deberá previamente efectuarse un riego de imprimación cuya correcta ejecución es fundamental para el buen comportamiento del firme.

Se prevé el empleo de una emulsión C50BF4 IMP.

10.2.3.7. RELLENO PARA IMPERMEABILIZACIÓN DE BERMAS

El material definido como relleno para impermeabilización de bermas estará constituido por suelos cuyo cernido, o material que pasa por el tamiz 0,080 UNE, sea superior al veinticinco por ciento en peso (# 0,080 > 25%), bien de tipo tolerable —con un contenido de sales solubles, incluido el yeso, inferior a dos décimas porcentuales (0,2%)—, adecuado o seleccionado.

10.3. SOLUCIONES DEL CATÁLOGO DE FIRMES

10.3.1. SECCIONES CON TRÁFICO T0

En función de los factores de dimensionamiento se seleccionan las secciones de firme adecuadas para el tramo de autovía proyectada. En el catálogo de secciones de firme

de la Norma 6.1-I.C., se representan por tres dígitos correspondientes a los siguientes tres factores:

- Categoría de tráfico pesado (0)
- Explanada de categoría E3 (3)
- Materiales a emplear bajo la base, zahorra artificial (1), suelo-cemento (2) o grava-cemento (3), si bien estas últimas no se consideran.

Con lo dicho anteriormente las secciones de firme a estudiar son:

Sección sobre explanada E3

031		032	
MBC.	30	MBC	20
ZA	25	SC	25

Donde

- MBC mezcla bituminosa en caliente.
- ZA zahorra artificial.
- SC suelocemento

Las dos posibles secciones de firme son flexibles, en mayor grado las terminadas en 1. Técnicamente los firmes con base de zahorra garantizan un mejor drenaje de las calzadas, por lo que son interesantes cuando el nivel freático es alto en las zonas de desmonte, y un mayor espesor de material granular posibilita una mejor adaptación a los asientos del terreno.

Las ventajas que presentan los firmes con suelo cemento son una mejora estructural de la explanada, ya que se disminuye la sensibilidad a la acción del agua y se aumenta la resistencia de la sub-base al poderse compactar mejor, y permite disminuir el espesor de la mezcla bituminosa, con lo que suelen ser secciones más ventajosas económicamente.

Las dos secciones están diseñadas en la Norma 6.1-I.C. para un periodo de servicio de 20 años.

10.3.2. SECCIONES CON TRÁFICO T1

En función de los factores de dimensionamiento se seleccionan las secciones de firme adecuadas para el tramo de autovía proyectada. En el catálogo de secciones de firme de la Norma 6.1-I.C., se representan por tres dígitos correspondientes a los siguientes tres factores:

- Categoría de tráfico pesado (1)
- Explanada de categoría E3 (3)
- Materiales a emplear bajo la base, zahorra artificial (1), suelo-cemento (2) o grava-cemento (3), si bien esta última no se considera.

Con lo dicho anteriormente las secciones de firme a estudiar son:

Sección sobre explanada E3

131		132	
MBC.	25	MBC	20
ZA	25	SC	20

Donde

- MBC mezcla bituminosa en caliente.
- ZA zahorra artificial.
- SC suelocemento

Las ventajas de cada solución son las mencionadas en el apartado anterior.

10.4. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS ESTUDIADAS

10.4.1. PRECIOS UNITARIOS

La evaluación económica de cada una de las secciones se realiza a partir de precios de unidades de obra que en ningún caso son contractuales. El precio contractual de dichas unidades aparece recogido en el anejo de justificación de precios y su única función en este apartado es la de realizar una evaluación económica de las distintas secciones permitiendo la elección de una de ellas. Los precios y unidades empleadas en la evaluación económica son los siguientes:

10.4.1.1. PRECIOS PARA LA FORMACIÓN DE EXPLANADA

UD	CONCEPTO	PRECIO (Euros)
m ³	Suelo seleccionado	6,67
m ³	Suelo adecuado	5,87
m ³	Suelo estabilizado S-EST1	7,25
m ³	Suelo estabilizado S-EST2	8,02
m ³	Suelo estabilizado S-EST3	8,26

10.4.1.2. PRECIOS PARA LA SECCIÓN DE FIRMES

UD	CONCEPTO	PRECIO (Euros)
m ³	Zahorra artificial bajo el firme	18,19
m ³	Zahorra artificial drenante	19,29
t	Mezcla bituminosa drenante PA 11	30,88
t	Mezcla bituminosa en caliente AC22 bin S	26,44
t	Mezcla bituminosa en caliente AC22 base G	26,47
t	Betún asfáltico convencional	440,00
t	Betún asfáltico modificado	540,00
t	Filler	71,18
m ³	Suelo cemento	21,81

UD	CONCEPTO	PRECIO (Euros)
t	Cemento	71,18
m ²	Riego de imprimación sobre capa granular (1,00 kg/m ²)	0,36
m ²	Riego de curado (0,80 kg/m ²)	0,30
m ²	Riego de adherencia mod. bajo capa de rodadura (0,6 kg/m ²)	0,27
m ²	Riego de adherencia bajo capa intermedia o base (0,5 kg/m ²)	0,18

10.4.1.3. VALORACIÓN DE LA EXPLANADA

Puesto que la valoración de explanadas se realizaría únicamente a efectos de comparación entre unas soluciones y otras y solo se ha optado por el tipo E3, no es necesario calcular este coste.

10.4.2. VALORACIÓN DE LAS SECCIONES DE FIRME

En el apéndice nº 2 *Valoración económica de las secciones de firme* se recoge un cálculo detallado de las mediciones necesarias para ejecutar un metro de calzada de autovía en cada una de las alternativas estudiadas y el coste que presentan de acuerdo con los precios establecidos en el apartado 10.4.1 *PRECIOS UNITARIOS* de este anejo.

Las consideraciones que se han tenido en cuenta para el estudio de cada sección han sido:

1. Las capas de rodadura e intermedia del arcén serán prolongación de las dispuestas en la calzada. El espesor de mezcla bituminosa no bajará de 15 cm sobre zahorra artificial o 10 cm sobre suelocemento.
2. Se consideran los solapes necesarios entre cada capa de firme: 0,05 m en capas bituminosas, 0,07 sobre materiales estabilizados y 0,10 m en capas granulares.
3. Se consideran las siguientes densidades y dotaciones de la mezcla bituminosa a emplear:

Mezcla	Densidad (t/m³)	Dotación mínima ligante (%)
PA 11	2,00	4,30
AC22 S	2,40	4,00
AC22 G	2,42	4,00

4. En capa de rodadura se utilizarán mezclas tipo drenante por sus mejores propiedades fonoabsorbentes y ventajas en caso de lluvia.

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

10.4.2.1. COSTE DE CONSTRUCCIÓN DE LAS SECCIONES CON TRÁFICO T0

Se consideran las secciones 031 y 032 para explanada E3. Se considera según la Norma 6.1-I.C. que las capas de rodadura e intermedia se prolongan bajo el arcén.

Las secciones de firme están formadas por las siguientes capas:

- Sección 031 sobre explanada de categoría E3, que soporta un tráfico pesado T0, compuesta por:
 - Rodadura (PA-11) 4,00 cm
 - Intermedia (AC22 bin S) 11,00 cm (en dos capas de 5 + 6 cm)
 - Base (AC22 base G) 15,00 cm
 - Zahorra artificial 25,00 cm
 - Zahorra artificial 40,00 cm (bajo el arcén)
- Sección 032 sobre explanada de categoría E3, que soporta un tráfico pesado T1, compuesta por:
 - Rodadura (PA-11) 4,00 cm
 - Intermedia (AC22 bin S) 6,00 cm
 - Base (AC22 base G) 10,00 cm
 - Suelo-cemento 25,00 cm

- Suelo cemento 35,00 cm (bajo el arcén)

A continuación, se presenta un cuadro resumen del presupuesto, en euros, estimado para cada metro de calzada:

				TRÁFICO T0				
				EXPLANADA E3				
				Sección 031		Sección 032		
				Med.	Coste	Med.	Coste	
FIRME	t	MBC	PA-11	30.88	0.843	26.03	0.843	26.03
	t	MBC	AC22 bin S	26.44	2.863	75.70	1.547	40.89
	t	MBC	AC22 base G	26.47	3.176	84.08	2.057	54.45
	t	Betún asfáltico	PBMC 45/80-65	540.00	0.036	19.58	0.036	19.58
	t	Betún asfáltico	BC35/50	440.00	0.242	106.29	0.144	63.42
	t	Filler	CEM II/B-M 32,5 N	71.18	0.289	20.59	0.187	13.28
	m²	Riego adherencia	C60BP3 ADH	0.27	10.580	2.84	10.580	2.84
	m²	Riego adherencia	C60B3 ADH	0.18	10.780	1.99	19.400	3.59
	m²	Riego imprimación	C50BF4 IMP	0.36	11.350	4.05	-	-
	m²	Riego curado	C60B3 CUR	0.30	-	-	11.310	3.35
	m³	Suelo-cemento	SC	21.81	-	-	3.130	68.25
	t	Cemento	CEM II/B-M 32,5 N	71.18	-	-	0.188	13.37
	m³	Zahorra artificial	ZA	18.19	2.338	42.52	-	-
	m³	Zahorra artificial dren.	ZAD	19.29	0.625	12.06	-	-
COSTE DE CONSTRUCCIÓN POR ML.....					395.73		309.05	

Como se puede ver, el coste de la sección tipo 2 (con suelo-cemento) es menor que el coste de la tipo 1 (con zahorra).

10.4.2.2. COSTE DE CONSTRUCCIÓN DE LAS SECCIONES CON TRÁFICO T1

Se consideran las secciones 131 y 132 para explanada E3. Se considera según la Norma 6.1-I.C. que las capas de rodadura e intermedia se prolongan bajo el arcén.

Las secciones de firme están formadas por las siguientes capas:

- Sección 131 sobre explanada de categoría E3, que soporta un tráfico pesado T1, compuesta por:
 - Rodadura (PA-11) 4,00 cm
 - Intermedia (AC22 bin S) 11,00 cm (en dos capas de 5 + 6 cm)
 - Base (AC22 base G) 10,00 cm
 - Zahorra artificial 25,00 cm

- Zahorra artificial 35,00 cm (bajo el arcén)
- Sección 132 sobre explanada de categoría E3, que soporta un tráfico pesado T1, compuesta por:
 - Rodadura (PA-11) 4,00 cm
 - Intermedia (AC22 bin S) 6,00 cm
 - Base (AC22 base G) 10,00 cm
 - Suelo-cemento 20,00 cm
 - Suelo cemento 30,00 cm (bajo el arcén)

A continuación, se presenta un cuadro resumen del presupuesto, en euros, estimado para cada metro de calzada:

				TRÁFICO T1				
				EXPLANADA E3				
				Sección 131		Sección 132		
			PRECIO UNIT.	Med.	Coste	Med.	Coste	
FIRME	t	MBC	PA-11	30.88	0.843	26.03	0.843	26.03
	t	MBC	AC22 bin S	26.44	2.863	75.70	1.547	40.89
	t	MBC	AC22 base G	26.47	2.105	55.73	2.057	54.45
	t	Betún asfáltico	PBMC 45/80-65	540.00	0.036	19.58	0.036	19.58
	t	Betún asfáltico	BC35/50	440.00	0.199	87.44	0.144	63.42
	t	Filler	CEM II/B-M 32,5 N	71.18	0.246	17.54	0.187	13.28
	m ²	Riego adherencia	C60BP3 ADH	0.27	10.580	2.84	10.580	2.84
	m ²	Riego adherencia	C60B3 ADH	0.18	10.780	1.99	19.400	3.59
	m ²	Riego imprimación	C50BF4 IMP	0.36	11.250	4.02	-	-
	m ²	Riego curado	C60B3 CUR	0.30	-	-	11.310	3.35
	m ³	Suelo-cemento	SC	21.81	-	-	2.545	55.51
	t	Cemento	CEM II/B-M 32,5 N	71.18	-	-	0.153	10.87
	m ³	Zahorra artificial	ZA	18.19	2.313	42.06	-	-
	m ³	Zahorra artificial dren.	ZAD	19.29	0.625	12.06	-	-
COSTE DE CONSTRUCCIÓN POR ML.....						345.00		293.80

Como se puede ver, el coste de la sección tipo 2 (con suelo-cemento) es menor que el coste de la tipo 1 (con zahorra).

10.4.2.3. COSTES DE CONSERVACIÓN

Todas las secciones consideradas son flexibles; presentan capa de rodadura e intermedia de mezclas bituminosa sobre una base compuesta también por mezcla

bituminosa. La diferencia entre una y otra se localiza en la capa sub-base. Las secciones acabadas en 1 presentan una sub-base granular, mientras que en las acabadas en 2 la sub-base es de suelo cemento.

En estas circunstancias no se pueden establecer a priori diferencias considerables en conservación. En ambos casos el fallo estructural del firme se puede producir por fisuración de sus capas bituminosas por fatiga o por deformaciones excesivas. También, aunque sea más característico de climas muy fríos, puede considerarse la fisuración por retracción térmica.

Todas las secciones consideradas presentan similares condiciones de deterioro y, por tanto, no procede incluir los costes de conservación en el análisis comparativo de los costes del firme, puesto que no resultan determinantes en la selección de una u otra opción.

10.4.3. VALORACIÓN CONJUNTA FIRME-EXPLANADA

El objeto de esta valoración es determinar la sección de menor coste de construcción considerando de manera conjunta la explanada y el firme.

Puesto que solo se ha considerado una opción para la explanada, E3, la sección de menor coste será la que resulta con menor coste de firme puesto que la explanada es la misma para todos los casos.

10.5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

10.5.1. SECCIONES CON TRÁFICO T0

Entre las secciones propuestas por la Norma 6.1-I.C. para un firme que soporte una categoría de tráfico pesado T0, se ha elegido la sección 032 sobre explanada E3 debido a las siguientes razones:

- Del estudio económico anterior se deduce que esta sección resulta más económica que las demás contempladas.

- Es posible encontrar el tipo de material necesario para su ejecución en las proximidades de la obra.
- Tiene comportamiento homogéneo con los restantes tramos de la M-40.
- Existe abundante experiencia en el uso de secciones de firme con sub-base de suelocemento.

El esquema de las capas que componen la sección de firme y explanada, sobre desmonte o terraplén, es el siguiente:

FIRME	CALZADA		ARCÉN	
	CAPA DE RODADURA M.B.C. PA-11 PMB 45/80-65	4 cm	CAPA DE RODADURA M.B.C. PA-11 PMB 45/80-65	4 cm
	CAPA INTERMEDIA M.B.C. AC22 bin BC 35/50 S	6 cm	CAPA INTERMEDIA M.B.C. AC22 bin BC 35/50 S	6 cm
	CAPA DE BASE M.B.C. AC22 base BC 35/50 G	10 cm	SUBBASE SUELOCIMENTO SC-20	35 cm
SUBBASE SUELOCIMENTO SC-40	25 cm			
EXPLANADA E3	S-EST 3	30 cm	S-EST 3	30 cm
	S-EST 1	50 cm	S-EST 1	50 cm
SUELO MARGINAL				

Entre la explanada y la cota final de la carretera, las bermas se ejecutarán con el material definido como relleno para impermeabilización de bermas.

10.5.2. SECCIONES CON TRÁFICO T1

Entre las secciones propuestas por la Norma 6.1-I.C. para un firme que soporte una categoría de tráfico pesado T1, se ha elegido la sección 132 sobre explanada E3, debido a las siguientes razones:

- Del estudio económico anterior se deduce que esta sección resulta más económica que las demás contempladas.

- Es posible encontrar el tipo de material necesario para su ejecución en las proximidades de la obra.
- Tiene comportamiento homogéneo con los restantes tramos de la M-40.
- Existe abundante experiencia en el uso de secciones de firme con sub-base de suelocemento.

Además, esta solución cuenta con la ventaja de ser similar en su composición a la del tronco y vías colectoras, aspecto importante a la hora de seleccionar el firme en los ramales de enlace.

El esquema de las capas que componen la sección de firme y explanada, sobre desmonte o terraplén, es el siguiente:

FIRME	CALZADA		ARCÉN	
	CAPA DE RODADURA M.B.C. PA-11 PMB 45/80-65	4 cm	CAPA DE RODADURA M.B.C. PA-11 PMB 45/80-65	4 cm
	CAPA INTERMEDIA M.B.C. AC22 bin BC 35/50 S	6 cm	CAPA INTERMEDIA M.B.C. AC22 bin BC 35/50 S	6 cm
	CAPA DE BASE M.B.C. AC22 base BC 35/50 G	10 cm	SUBBASE SUELOCIMENTO SC-20	30 cm
SUBBASE SUELOCIMENTO SC-40	20 cm			
EXPLANADA E3	S-EST 3	30 cm	S-EST 3	30 cm
	S-EST 1	50 cm	S-EST 1	50 cm
SUELO MARGINAL				

Entre la explanada y la cota final de la carretera, las bermas se ejecutarán con el material definido como relleno para impermeabilización de bermas.

10.5.3. ESTRUCTURAS

En tableros de estructuras la solución de firme consiste en una capa de rodadura de 4 cm de espesor de mezcla drenante tipo PA-11 y una capa de 5 cm de AC22 bin S, previa impermeabilización del tablero mediante mastic bituminoso.

Para la impermeabilización de los tableros de las estructuras, se utilizará mastic bituminoso en frío constituido por la combinación de un agregado mineral fino bien graduado, filler, polvo de celulosa y una emulsión bituminosa aniónica de rotura lenta.

FIRME	CALZADA Y ARCÉN	
	CAPA DE RODADURA M.B.C. PA-11 PMB 45/80-65	4 cm
	CAPA INTERMEDIA M.B.C. AC22 bin BC 35/50 S	5 cm
IMPERMEABILIZACIÓN MASTIC BITUMINOSO EN FRÍO		
TABLERO		

10.5.4. CONEXIONES CON FIRME EXISTENTE

Las ampliaciones laterales de firme se realizarán de forma escalonada a partir del límite de la sección del tronco, demoliendo la cuneta existente y el arcén.

En los tramos en los que hay que realizar ampliación o que se aprovecha la calzada existente se deberá efectuar el correspondiente fresado para extender la capa de rodadura en toda la sección.

Esta última capa de rodadura de 4 cm se dispondrá sobre el nuevo carril y sobre el tronco existente actual, tanto para eliminar cualquier resto de señalización horizontal previa como para dar uniformidad a la sección.

En las zonas de ensanche, habrá que tener cuidado no sólo de no perjudicar el drenaje del firme, sino de mejorarlo, siempre que sea posible.

La excavación se proyectará escalonada y saneando suficientemente los bordes del firme existente (figura 1). Si el suelo de la explanada es inadecuado o marginal según el artículo 330 del PG-3, se estabilizará con cemento o con cal, según corresponda, para conseguir un material homogéneo y de capacidad de soporte suficiente, así como para

evitar una excavación más profunda que pueda modificar la evacuación del agua y dificultar la construcción.

Los ensanches se han proyectado con una sección estructural de capacidad resistente similar a la del resto de la sección del firme, y deberán compactarse convenientemente los materiales para que no se produzca, por asiento diferencial, un escalón o una grieta longitudinal.

Además, el contacto entre el firme existente y el ensanche nunca deberá coincidir con la futura zona de rodada de los vehículos pesados.

En la siguiente figura se incluye el esquema de la sección tipo de ensanche y refuerzo dada por la Norma 6.3.-I.C. Rehabilitación de firmes.

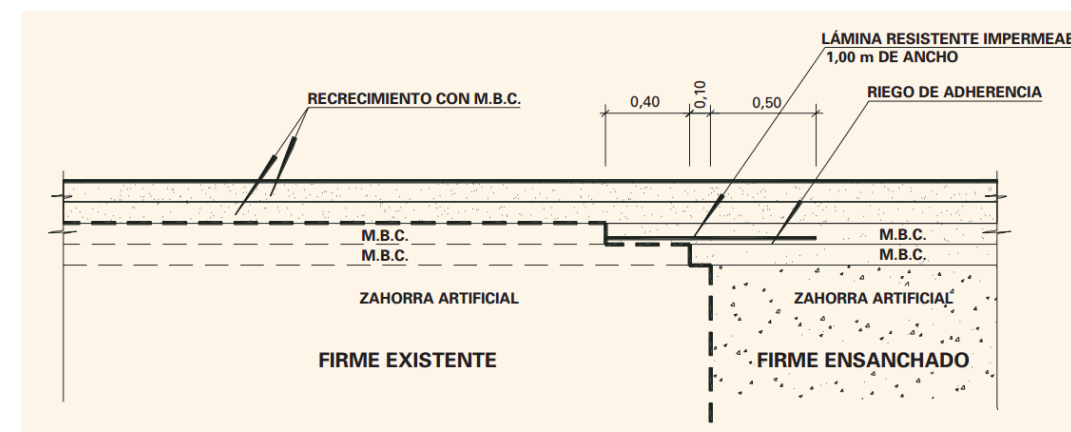


FIGURA 1. ESQUEMA DE SECCIÓN TIPO DE ENSANCHE DE FIRME

El dimensionamiento de los ensanches se ha realizado teniendo en cuenta las secciones de la Norma 6.1 IC de Secciones de firme.

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.

10.6. NORMATIVA EMPLEADA

La normativa utilizada para la redacción de este anejo ha sido la siguiente:

- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG3).
- Norma 6.1-I.C sobre "Secciones de Firme" entrada en vigor en diciembre de 2003.
- Norma 6.3-IC. "Rehabilitación de firmes" entrada en vigor en diciembre de 2003.
- 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, a firmes y pavimentos, y a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos.
- Orden Circular 306/1989 P y P Calzadas de servicio y accesos a zonas de servicio.
- Orden Circular 20/2006 sobre recepción de obras de carreteras que incluyan firmes y pavimentos.
- 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 (NFU).
- Orden Ministerial de 16 de diciembre de 1997 sobre "Accesos a las carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicio" (BOE de 24 de enero de 1.998).
- Nota de Servicio 5/2006 del Ministerio de Fomento sobre "Explicaciones y capas de firme tratadas con cemento".
- Orden Circular 21bis/2009 de 23 de marzo de 2009 sobre betunes mejorados y 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

APÉNDICE Nº 01. JUSTIFICACIÓN DE LAS DENSIDADES DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS

Pesos específicos:Árido: 2.70 T/m³Betún: 1.034 T/m³

	Mezcla	PA 11	AC22 bin S	AC22 base G	AC16 surf S
	Capa	Rodadura	Intermedia	Base	Rodadura
% de huecos	mín.	20.00%	4.00%	4.00%	4.00%
	máx.	22.00%	6.00%	7.00%	6.00%
% de filler/áridos	mín.	3.00%	3.00%	2.00%	3.00%
	máx.	6.00%	7.00%	5.00%	7.00%
Relación filler/ligante		1.0	1.1	1.0	1.2
Peso de ligante		88.8	99.3	100.2	112.3
Peso de áridos	mín.	1,480.00	1,560.43	2,004.00	1,925.14
	máx.	2,960.00	3,641.00	5,010.00	4,492.00
Relación ligante/áridos	mín.	3.00%	2.73%	2.00%	2.50%
	máx.	6.00%	6.36%	5.00%	5.83%
Peso total	mín.	1,568.80	1,659.73	2,104.20	2,037.44
	máx.	3,048.80	3,740.30	5,110.20	4,604.30
Volumen de ligante		85.880	96.035	96.905	108.607
Volumen de áridos	mín.	548.148	577.937	742.222	713.016
	máx.	1096.296	1348.519	1855.556	1663.704
Volumen de materiales	mín.	634.028	673.971	839.127	821.623
	máx.	1,182.18	1,444.55	1,952.46	1,772.31
Volumen total	mín ₁	792.535	702.053	874.091	855.858
	mín ₂	812.857	716.991	902.288	874.067
	máx ₁	1,477.720	1,504.743	2,033.813	1,846.157
	máx ₂	1,515.611	1,536.759	2,099.420	1,885.437
Densidad de la mezcla	mín.	1.93	2.31	2.33	2.33
	med.	2.00	2.40	2.42	2.41
	máx.	2.06	2.49	2.51	2.49

APÉNDICE Nº 02. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS SECCIONES DE FIRME

MEDICION DE FIRME POR METRO LINEAL DE CALZADA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Categoría de Tráfico	T0	
Categoría de Explanada	E3	
Sección de calzada	Nº Carriles	2
	Ancho carril (m)	3.50
	Arcén izquierdo (m)	1.00
	Arcén derecho (m)	2.50
	Bermas (m)	1.00

SECCION DE FIRME

031

Capas del firme	Tipo	Espesor (m)	Sobrean. (m)	Ancho (m)	Volumen (m3)	P.esp. (t/m3)	Dotación ligante	t mezcla	t betún	m² imprimacion	m² adherencia
Calzada	Rodadura	PA-11	0.04	0.05	10.540	0.422	2.000	0.0430	0.843	0.036	10.580
	Intermedia	AC22 bin S	0.05	0.05	10.730	0.537	2.400	0.0400	1.288	0.052	10.780
		AC22 bin S	0.06	0.05	10.940	0.656	2.400	0.0400	1.575	0.063	2.450
	Base	AC22 base G	0.15	0.10	8.750	1.313	2.420	0.0400	3.176	0.127	8.900
	Zahorra Artificial		0.25		9.350	2.338					
Arcén	Zah.Artific.Drenante		0.15	0.10	2.600	0.390					
	Zah.Artific.Drenante		0.25	0.00	2.500	0.625					

VALORACION

	Tipo	Medición	Precio	Parciales	Totales
t mezcla bituminosa	Rodadura PA-11	0.843	30.88	26.03	185.81
	Intermedia AC22 bin S	2.863	26.44	75.70	
	Base AC22 base G	3.176	26.47	84.08	
t betún asfáltico	Rodadura PBMC 45/80-65	0.036	540.00	19.58	125.87
	Intermedia BC35/50	0.115	440.00	50.39	
	Base BC35/50	0.127	440.00	55.90	
t filler	Rodadura CEM II/B-M 32,5 N	0.036	71.18	2.58	20.59
	Intermedia CEM II/B-M 32,5 N	0.126	71.18	8.97	
	Base CEM II/B-M 32,5 N	0.127	71.18	9.04	
m³ zahorra artificial	Calzada ZA	2.338	18.19	42.52	42.52
m³ zah. artific. dren.	Arcén ZAD	0.625	19.29	12.06	12.06
m² riego adherencia	Rodad-Interm. C60BP3 ADH	10.580	0.27	2.84	4.83
	Interm-Base C60B3 ADH	10.780	0.18	1.99	
m² riego imprimación	Calzada C50BF4 IMP	8.900	0.36	3.18	4.05
	Arcén C50BF4 IMP	2.450	0.36	0.87	
TOTAL FIRME.....					395.73

ANEJO Nº 10. FIRMES Y PAVIMENTOS

MEDICION DE FIRME POR METRO LINEAL DE CALZADA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Categoría de Tráfico	T0	
Categoría de Explanada	E3	
Sección de calzada	Nº Carriles	2
	Ancho carril (m)	3.50
	Arcén izquierdo (m)	1.00
	Arcén derecho (m)	2.50
	Bermas (m)	1.00

SECCION DE FIRME

032

	Capas del firme	Tipo	Espesor (m)	Sobrean. (m)	Ancho (m)	Volumen (m3)	P.esp. (t/m3)	Dotación ligante	t mezcla	t betún	m ² curado	m ² adherencia	m ² adherencia
Calzada	Rodadura	PA-11	0.04	0.05	10.540	0.422	2.000	0.0430	0.843	0.036			10.580
	Intermedia	AC22 bin S	0.06	0.05	10.740	0.644	2.400	0.0400	1.547	0.062		2.450	8.350
	Base	AC22 base G	0.10	0.07	8.500	0.850	2.420	0.0400	2.057	0.082		8.600	
	Suelo-cemento		0.25		8.990	2.248					8.740		
Arcén	Suelo-cemento		0.10	0.07	2.570	0.257					2.570		
	Suelo-cemento		0.25	0.00	2.500	0.625							

VALORACION

	Tipo	Medición	Precio	Parciales	Totales
t mezcla bituminosa	Rodadura PA-11	0.843	30.88	26.03	
	Intermedia AC22 bin S	1.547	26.44	40.89	
	Base AC22 base G	2.057	26.47	54.45	121.37
t betún asfáltico	Rodadura PBMC 45/80-65	0.036	540.00	19.58	
	Intermedia BC35/50	0.062	440.00	27.22	
	Base BC35/50	0.082	440.00	36.20	83.00
t filler	Rodadura CEM II/B-M 32,5 N	0.036	71.18	2.58	
	Intermedia CEM II/B-M 32,5 N	0.068	71.18	4.84	
	Base CEM II/B-M 32,5 N	0.082	71.18	5.86	13.28
m ³ suelo-cemento	Calzada SC	2.248	21.81	49.02	49.02
	Arcén SC	0.882	21.81	19.24	19.24
t cemento	Calzada CEM II/B-M 32,5 N	0.135	71.18	9.60	9.60
	Arcén CEM II/B-M 32,5 N	0.053	71.18	3.77	3.77
m ² riego adherencia	Rodad-Interm.	10.580	0.27	2.84	
	Interm-Base	8.350	0.18	1.54	4.38
m ² riego adherencia	Calzada C60B3 ADH	8.600	0.18	1.59	
	Arcén C60B3 ADH	2.450	0.18	0.45	2.04
m ² riego curado	Calzada C60B3 CUR	8.740	0.30	2.58	
	Arcén C60B3 CUR	2.570	0.30	0.76	3.35
TOTAL FIRME.....					309.05

FIRME DE TRONCO DE AUTOVIA

RESUMEN COMPARATIVO. COSTE DE CONSTRUCCIÓN DEL FIRME (POR METRO DE CALZADA)

					TRÁFICO T0			
					EXPLANADA E3			
					Sección 031		Sección 032	
				PRECIO UNIT.	Med.	Coste	Med.	Coste
FIRME	t	MBC	PA-11	30.88	0.843	26.03	0.843	26.03
	t	MBC	AC22 bin S	26.44	2.863	75.70	1.547	40.89
	t	MBC	AC22 base G	26.47	3.176	84.08	2.057	54.45
	t	Betún asfáltico	PBMC 45/80-65	540.00	0.036	19.58	0.036	19.58
	t	Betún asfáltico	BC35/50	440.00	0.242	106.29	0.144	63.42
	t	Filler	CEM II/B-M 32,5 N	71.18	0.289	20.59	0.187	13.28
	m ²	Riego adherencia	C60BP3 ADH	0.27	10.580	2.84	10.580	2.84
	m ²	Riego adherencia	C60B3 ADH	0.18	10.780	1.99	19.400	3.59
	m ²	Riego imprimación	C50BF4 IMP	0.36	11.350	4.05	-	-
	m ²	Riego curado	C60B3 CUR	0.30	-	-	11.310	3.35
	m ³	Suelo-cemento	SC	21.81	-	-	3.130	68.25
	t	Cemento	CEM II/B-M 32,5 N	71.18	-	-	0.188	13.37
	m ³	Zahorra artificial	ZA	18.19	2.338	42.52	-	-
	m ³	Zahorra artificial dren.	ZAD	19.29	0.625	12.06	-	-
COSTE DE CONSTRUCCIÓN POR ML.....						395.73		309.05

ANEJO Nº 10. FIRMES Y PAVIMENTOS

FIRME DE TRONCO DE AUTOVIA

MEDICION DE FIRME POR METRO LINEAL DE CALZADA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Categoría de Tráfico	T1	
Categoría de Explanada	E3	
Sección de calzada	Nº Carriles	2
	Ancho carril (m)	3.50
	Arcén izquierdo (m)	1.00
	Arcén derecho (m)	2.50
	Bermas (m)	1.00

SECCION DE FIRME

131

Capas del firme	Tipo	Espesor (m)	Sobrecan. (m)	Ancho (m)	Volumen (m3)	P.esp. (t/m3)	Dotación ligante	t mezcla	t betún	m ² imprimacion	m ² adherencia
Calzada	Rodadura	PA-11	0.04	0.05	10.540	0.422	2.000	0.0430	0.843	0.036	10.580
	Intermedia	AC22 bin S	0.05	0.05	10.730	0.537	2.400	0.0400	1.288	0.052	10.780
		AC22 bin S	0.06	0.05	10.940	0.656	2.400	0.0400	1.575	0.063	2.450
	Base	AC22 base G	0.10	0.10	8.700	0.870	2.420	0.0400	2.105	0.084	8.800
Zahorra Artificial			0.25		9.250	2.313					
Arcén	Zah.Artific.Drenante		0.10	0.10	2.600	0.260					
	Zah.Artific.Drenante		0.25	0.00	2.500	0.625					

VALORACION

	Tipo	Medición	Precio	Parciales	Totales
t mezcla bituminosa	Rodadura PA-11	0.843	30.88	26.03	157.46
	Intermedia AC22 bin S	2.863	26.44	75.70	
	Base AC22 base G	2.105	26.47	55.73	
t betún asfáltico	Rodadura PBMC 45/80-65	0.036	540.00	19.58	107.02
	Intermedia BC35/50	0.115	440.00	50.39	
	Base BC35/50	0.084	440.00	37.06	
t filler	Rodadura CEM II/B-M 32,5 N	0.036	71.18	2.58	17.54
	Intermedia CEM II/B-M 32,5 N	0.126	71.18	8.97	
	Base CEM II/B-M 32,5 N	0.084	71.18	5.99	
m ³ zahorra artificial	Calzada ZA	2.313	18.19	42.06	42.06
m ³ zah. artific. dren.	Arcén ZAD	0.625	19.29	12.06	12.06
m ² riego adherencia	Rodad-Interm. C60BP3 ADH	10.580	0.27	2.84	4.83
	Interm-Base C60B3 ADH	10.780	0.18	1.99	
m ² riego imprimación	Calzada C50BF4 IMP	8.800	0.36	3.14	4.02
	Arcén C50BF4 IMP	2.450	0.36	0.87	

TOTAL FIRME.....	345.00
-------------------------	---------------

MEDICION DE FIRME POR METRO LINEAL DE CALZADA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Categoría de Tráfico	T1	
Categoría de Explanada	E3	
Sección de calzada	Nº Carriles	2
	Ancho carril (m)	3.50
	Arcén izquierdo (m)	1.00
	Arcén derecho (m)	2.50
	Bermas (m)	1.00

SECCION DE FIRME

132

	Capas del firme	Tipo	Espesor (m)	Sobrean. (m)	Ancho (m)	Volumen (m3)	P.esp. (t/m3)	Dotación ligante	t mezcla	t betún	m ² curado	m ² adherencia	m ² adherencia
Calzada	Rodadura	PA-11	0.04	0.05	10.540	0.422	2.000	0.0430	0.843	0.036			10.580
	Intermedia	AC22 bin S	0.06	0.05	10.740	0.644	2.400	0.0400	1.547	0.062		2.450	8.350
	Base	AC22 base G	0.10	0.07	8.500	0.850	2.420	0.0400	2.057	0.082		8.600	
	Suelo-cemento		0.20		8.940	1.788					8.740		
Arcén	Suelo-cemento		0.10	0.07	2.570	0.257					2.570		
	Suelo-cemento		0.20	0.00	2.500	0.500							

VALORACION

	Tipo	Medición	Precio	Parciales	Totales
t mezcla bituminosa	Rodadura PA-11	0.843	30.88	26.03	
	Intermedia AC22 bin S	1.547	26.44	40.89	
	Base AC22 base G	2.057	26.47	54.45	121.37
t betún asfáltico	Rodadura PBMC 45/80-65	0.036	540.00	19.58	
	Intermedia BC35/50	0.062	440.00	27.22	
	Base BC35/50	0.082	440.00	36.20	83.00
t filler	Rodadura CEM II/B-M 32,5 N	0.036	71.18	2.58	
	Intermedia CEM II/B-M 32,5 N	0.068	71.18	4.84	
	Base CEM II/B-M 32,5 N	0.082	71.18	5.86	13.28
m ³ suelo-cemento	Calzada SC	1.788	21.81	39.00	39.00
	Arcén SC	0.757	21.81	16.51	16.51
t cemento	Calzada CEM II/B-M 32,5 N	0.107	71.18	7.64	7.64
	Arcén CEM II/B-M 32,5 N	0.045	71.18	3.23	3.23
m ² riego adherencia	Rodad-Interm. C60BP3 ADH	10.580	0.27	2.84	
	Interm-Base C60B3 ADH	8.350	0.18	1.54	4.38
m ² riego adherencia	Calzada C60B3 ADH	8.600	0.18	1.59	
	Arcén C60B3 ADH	2.450	0.18	0.45	2.04
m ² riego curado	Calzada C60B3 CUR	8.740	0.30	2.58	
	Arcén C60B3 CUR	2.570	0.30	0.76	3.35
TOTAL FIRME.....					293.80

FIRME DE TRONCO DE AUTOVIA

RESUMEN COMPARATIVO. COSTE DE CONSTRUCCIÓN DEL FIRME (POR METRO DE CALZADA)

					TRÁFICO T1			
					EXPLANADA E3			
					Sección 131		Sección 132	
					Med.	Coste	Med.	Coste
				PRECIO UNIT.				
FIRME	t	MBC	PA-11	30.88	0.843	26.03	0.843	26.03
	t	MBC	AC22 bin S	26.44	2.863	75.70	1.547	40.89
	t	MBC	AC22 base G	26.47	2.105	55.73	2.057	54.45
	t	Betún asfáltico	PBMC 45/80-65	540.00	0.036	19.58	0.036	19.58
	t	Betún asfáltico	BC35/50	440.00	0.199	87.44	0.144	63.42
	t	Filler	CEM II/B-M 32,5 N	71.18	0.246	17.54	0.187	13.28
	m ²	Riego adherencia	C60BP3 ADH	0.27	10.580	2.84	10.580	2.84
	m ²	Riego adherencia	C60B3 ADH	0.18	10.780	1.99	19.400	3.59
	m ²	Riego imprimación	C50BF4 IMP	0.36	11.250	4.02	-	-
	m ²	Riego curado	C60B3 CUR	0.30	-	-	11.310	3.35
	m ³	Suelo-cemento	SC	21.81	-	-	2.545	55.51
	t	Cemento	CEM II/B-M 32,5 N	71.18	-	-	0.153	10.87
	m ³	Zahorra artificial	ZA	18.19	2.313	42.06	-	-
	m ³	Zahorra artificial dren.	ZAD	19.29	0.625	12.06	-	-
COSTE DE CONSTRUCCIÓN POR ML.....						345.00		293.80