■ HOJA DE CONTROL DE CALIDAD

DOCUMENTO	ANEJO 10. FIRMES Y PAVIMENTOS					
PROYECTO	PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN ACTUACIONES DE MEJORA EN LA ACCESIBILIDAD DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN LA AUTOVIA DEL SUR, A-4, ENTRE LOS POLÍGONOS INDUSTRIALES DE LOS MOLINOS Y SAN MARCO, P.K. 12,000 DE LA A-4 Y LA AVD. LEONARDO DA VINCI (PASO SUPERIOR P.K. 15,200 DE LA A-4)					
CÓDIGO	CA2852-PT-F3-AN-10-CA-FIRMES-ED07					
AUTOR	FIRMA	MSA				
	FECHA	10/4/22				
VERIFICADO	FIRMA	FSA				
	FECHA	10/4/22				
DESTINATARIO	UNIDAD DE CARRETERAS DEL ESTADO EN MADRID					
NOTAS						

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 5
2. DATOS PREVIOS 5
2.1. NORMATIVA 5
2.2. FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO 5
2.2.1. CATEGORÍA DEL TRÁFICO PESADO 5
2.2.2. CATEGORÍA DE EXPLANADA 9
3. COMPARATIVA TECNICO-ECONOMICA 10
3.1.1. EXPLANADA 10
3.1.2. SECCIONES DE FIRME 11
3.1.2.1. Costes de construcción 11
3.1.2.2. Costes de conservación 11
3.1.2.3. Costes conservación ordinaria y extraordinaria 12
3.1.2.3.1 Costes conservación ordinaria 12
3.1.2.3.2 Costes conservación extraordinaria 12
3.1.2.4. Valor residual 12
3.1.2.5. Comparación total de costes 13
3.1.3. COMPARATIVA TÉCNICO-ECONÓMICA EXPLANADA-SECCIÓN DE FIRME 13
4. SECCIÓN DE FIRME ADOPTADA 14
4.1.1. Viales nuevos 14
4.1.2. Viales existentes 16
5. CARACTERISTICAS DE LAS CAPAS DE LOS FIRMES 21
5.1. MEZCLAS BITUMINOSAS. 21
5.2. RIEGOS 21
5.2.1. Riego de curado 21
5.2.2. Riego de adherencia 21

ÍNDICE

5.2.3. Riego de imprimación 21

6. RECICLADO DE FIRMES 23

ANEXO 1. DATOS DE PROYECTOS PREVIOS 24

ANEXO 2. ACTUACIONES DE LA CONCESIONARIA EN EL TRAMO 33

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo contiene un estudio justificativo técnico-económico de las secciones estructurales de los firmes que se han diseñado en los viales del proyecto. Para el dimensionamiento del firme, se han seguido los criterios expuestos en la Instrucción 6.1-IC. "Secciones de firme" (aprobada por Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre).

Se exponen, en primer lugar, los datos previos utilizados en el estudio, tales como la Normativa aplicable, la disponibilidad de materiales constituyentes y sus características geotécnicas, también los factores de dimensionamiento: categoría del tráfico pesado y categoría de la explanada. En segundo lugar se presentan las diferentes secciones de firme susceptibles de ser adoptadas para este tramo.

Se efectúa un estudio comparativo técnico-económico de las diferentes opciones que da paso a la adopción de las secciones estructurales de firme y al posterior análisis de las principales características de los elementos constitutivos de las mismas

2. DATOS PREVIOS

2.1. NORMATIVA

Las normas y recomendaciones empleadas en este estudio han sido las siguientes:

- Instrucción 6.1-I.C." SECCIONES DE FIRME". Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG3/75) y los artículos de este revisados con posterioridad , Orden FOM /2523/2014,

  •Artículo211 Betunes asfálticos

  •Artículo 214 Emulsiones bituminosas

  •Artículo 210 Zahorras

  •Artículo 530 Riegos de imprimación

  •Artículo 531 Riego de adherencia

  •Artículo Mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso

2.2. FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO

Según los datos expuestos en los anejos correspondientes (Anejo nº 6 "Estudios de planeamiento y tráfico" y Anejo nº 7 "Geotecnia del corredor"), los factores de dimensionamiento son:

•Categoría del tráfico pesado

•Categoría de explanada

2.2.1. CATEGORÍA DEL TRÁFICO PESADO

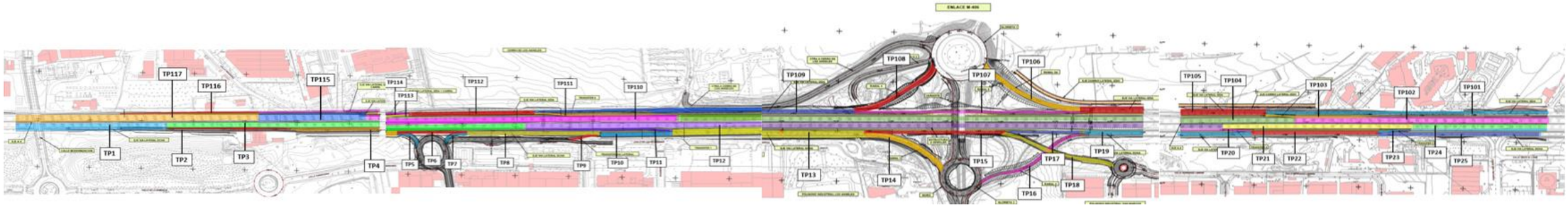
La Instrucción 6.1.- I.C "Secciones de Firme" establece unas categorías de tráfico en función de la intensidad media diaria de vehículos pesados en el carril de proyecto y en el año de la puesta en servicio.

CATEGORIAS DE TRÁFICO PESADO	IMD_P
T00	IMD_P >=4000
T0	4000>IMD_P >=2000
T1	2000> IMD_P >=800
T2	800> IMD_P >=200
T32	200> IMD_P >=100
T32	50=<IMD_P <100
T41	25<IMD_P <50
T42	IMD_P <25

Para el dimensionamiento del firme es necesario conocer la $IMD_{pesados}$ en el carril de proyecto, en el año de puesta en servicio.

En calzadas de dos carriles por sentido de circulación, se considera que el 100% de los pesados circulan por el carril de proyecto, mientras que en calzadas de tres o mas carriles por sentido, se considera que el 85% de los pesados utilizan el carril de proyecto.

En la siguiente tabla se muestra, para cada tramo, la intensidad diaria de pesados , así como la $IMD_{pesados}$ en el carril de proyecto, necesario para el dimensionamiento del firme, y la categoría de tráfico pesado según las Tablas 1.A y 1.B de la Norma 6.1-IC, *Secciones de Firme*.



Tramo	Intensidad Diaria de pesados en 2020	% pesados respecto a IMD total	$IMD_{pesados}$ en el carril de proyecto	Categoría de tráfico pesado	Descripción	vial exist.	vial nuevo
Sentido Córdoba							
TP1	8793	10,40%	7034	T00	Tramo de trenzado comprendido entre la incorporación de la M45/Avda. de Andalucía y la salida hacia el Polígono Los Ángeles.	x	
TP2	1799	11,80%	1799	T1	Salida hacia el Polígono Los Ángeles	x	
TP3	6994	10,00%	5595	T00	A4 entre salida hacia Polígono Los Ángeles y salida hacia la vía colectora antes del enlace con la M406	x	
TP4	1799	11,80%	1799	T1	Vía colectora entre la gasolinera del Polígono Los Ángeles y la entrada a dicho Polígono.		x
TP5	1799	11,80%	1799	T1	Salida desde la vía colectora hacia el polígono de Los Ángeles.		x
TP6	0	-	0	T42	Vía lateral entre salida hacia polígono los Ángeles y entrada desde el mismo.		x
TP7	662	18,90%	662	T2	entrada desde glorieta del polígono de Los Angeles a via lateral.		x
TP8	662	18,90%	662	T2	Vía lateral entre salida hacia polígono los Ángeles y entrada desde el mismo.		x
TP9	0	0,00%	0	T42	Entrada desde el polígono Los Ángeles		x
TP10	662	18,70%	662	T2	Vía lateral entre la entrada desde el polígono Los Ángeles y la salida desde el tronco hacia la vía de servicio antes del enlace con la M406.		x
TP11	946	11,90%	946	T1	Salida desde el tronco hacia la vía colectora antes del enlace con la M406		x
TP12	6048	9,80%	4838	T00	A4 entre la salida hacia la colectora, antes del enlace con al M406 y la salida hacia la vía colectora pasado el enlace con la M406		x
TP13	1608	14,00%	1286	T1	Vía lateral entre la salida desde el tronco hacia la vía colectora antes del enlace con la M406 y el ramal de salida hacia la M406	x	

Tramo	Intensidad Diaria de pesados en 2020	% pesados respecto a IMD total	$IMD_{pesados}$ en el carril de proyecto	Categoría de tráfico pesado	Descripción	vial exist.	vial nuevo
Sentido Córdoba							
TP14	563	8,10%	563	T2	Ramal de salida hacia la M406		x
TP15	1045	22,70%	1045	T1	Vía lateral entre el ramal de salida y el ramal de entrada desde la M406	x	
TP16	923	14,10%	923	T1	Ramal de entrada desde la M406		x
TP17	552	19,30%	552	T2	Vía lateral entre el ramal de entrada desde la M406 y la salida desde el tronco lateral hacia la vía colectora tras el enlace con la M406	x	
TP18	493	28,50%	493	T2	Conexión de la vía lateral con la miniglorieta		x
TP19	1475	15,70%	1475	T1	Vía lateral entre el ramal de entrada desde la M406 y la salida desde el tronco lateral hacia la vía colectora tras el enlace con la M406	x	
TP20	638	8,30%	638	T2	Salida desde el tronco hacia la vía colectora tras el enlace con la M406		x
TP21	5410	10,00%	4328	T00	A4 entre la salida desde el tronco hacia la vía colectora tras el enlace con la M406 y la entrada desde la vía colectora a la altura del polígono San Marcos	x	
TP22	2113	12,40%	1690	T1	Vía lateral tras la entrada desde la vía colectora a la altura del polígono San Marcos	x	
TP23	1297	17,20%	1297	T1	Entrada desde la vía colectora a la altura del polígono San Marcos hacia el tronco de la A4		x
TP24	6707	10,90%	5366	T00	Tronco. Tras la entrada desde la vía colectora a la altura del polígono San Marcos	x	
TP25	816	8,50%	816	T1	Vía lateral tras la entrada desde la vía colectora a la altura del polígono San Marcos		
	1799	11,10%	1799	T1	Glorieta Hipódromo		x
	3216	12,00%	3216	T0	Glorieta N-406 Getafe		x
	493	28,50%	493	T2	Miniglorieta		x
	2293	12,90%	2293	T0	Variante puente		x
	1421	9,20%	1421	T1	Variante bidireccional de enlace hacia Getafe		x
	3216	13,20%	3216	T0	Variante bidireccional de enlace desde Getafe		x

Tramo	Intensidad Diaria de pesados en 2020	% pesados respecto a IMD total	$IMD_{pesados}$ en el carril de proyecto	Categoría de tráfico pesado	Descripción	vial exist.	vial nuevo
Sentido Madrid							
TP101	510	9,00%	510	T2	Vía lateral hasta la salida hacia el hotel y gasolinera	x	
TP102	5155	9,00%	4124	T00	A4 hasta la salida hacia la M406	x	
TP103	781	10,20%	781	T2	Ramal de salida desde el tronco de la autopista hacia la vía lateral anterior al enlace con la M-406		x
TP104	4374	8,80%	3499	T0	Tronco. A-4	x	
TP105	1291	9,70%	1033	T1	Vía lateral entre la salida anterior desde el tronco hasta la salida hacia la M-406		x
TP106	858	10,20%	858	T1	Ramal de salida desde la vía lateral hacia la M406		x
TP107	433	8,80%	433	T2	Vía lateral entre los ramales de salida y entrada desde la M406	x	
TP108	2293	12,90%	2293	T0	Ramal de entrada desde la M406		x
TP109	2726	12,00%	2726	T0	Vía lateral entre el ramal de entrada de la M406 y la salida hacia el polígono Los Olivos		x
TP110	3456	8,00%	2765	T0	A4 entre la salida y la entrada desde el polígono Los Olivos	x	
TP111	918	14,50%	918	T1	Salida hacia el polígono Los Olivos		x
TP112	3644	12,50%	3644	T0	Vía lateral entre la salida y la entrada desde el polígono Los Olivos		x
TP113	220	1,10%	220	T2	Salida desde el polígono Los Olivos		x
TP114	3424	36,50%	3424	T0	Vía lateral entre salida desde el polígono Los Olivos y gasolinera	x	
TP115	3676	5,80%	2941	T0	A4 entre la entrada desde el polígono Los Olivos y la incorporación de la vía lateral	x	
TP116	3761	31,60%	3761	T0	Vía lateral entre gasolinera y fin de la vía lateral	x	x
TP117	7437	9,90%	5950	T00	A4 desde la incorporación de la vía lateral	x	
	3151	12,00%	3151	T0	Glorieta N-406 cerro de los Angeles	x	
					Carretera Cerro de los Angeles (titularidad del Ayuntamiento d eGetafe)	x	

Nota: El vial TP6 corresponde a un tramo de la vía de servicio, en el que el tráfico contemplado se reduce a cero, pues el usuario que entre por la gasolinera a la via de servicio, es el que discurrirá por la glorieta de la intersección con la calle de Las Hilanderas, pues no tiene sentido que circule por ese tramo, al contar con un transfer desde el tronco , más adelante. Por lo tanto se ha considerado el mínimo tráfico, no obstante por proceso constructivo sigue la sección de la vía de servicio derecha. Respecto al tráfico del TP9, solo será el tráfico de autobuses a diario y el tráfico correspondiente a los visitantes del Cerro de los Angeles el fin de semana. Por lo tanto también le corresponde un T42.

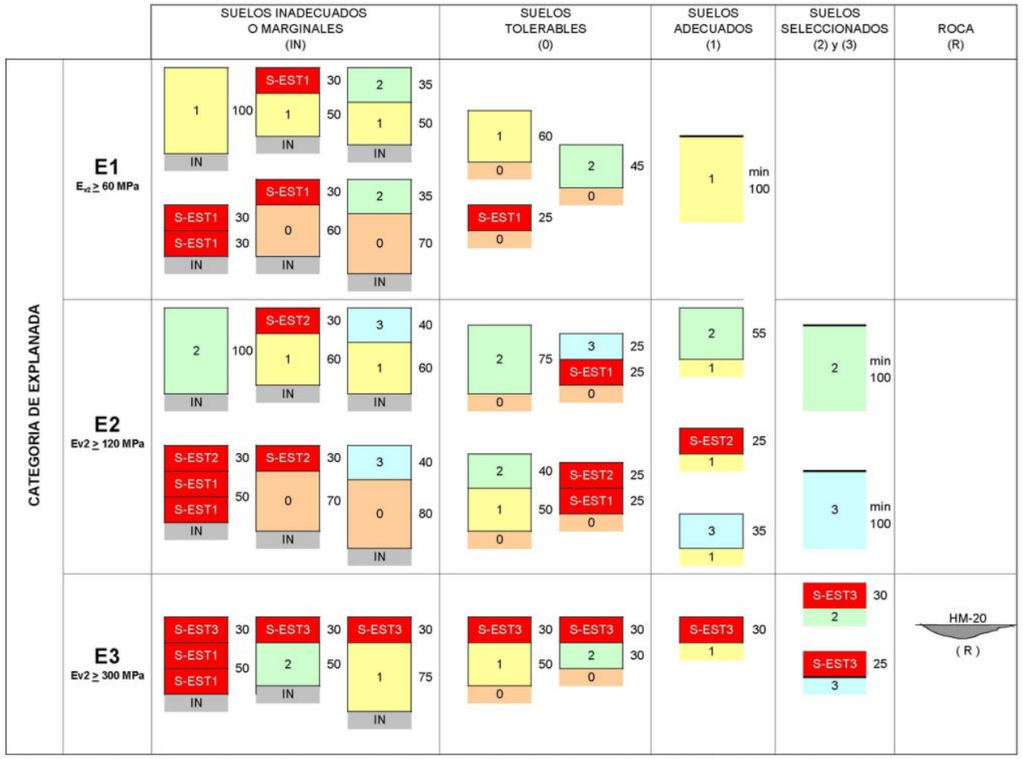
2.2.2. CATEGORÍA DE EXPLANADA

De acuerdo con la Instrucción 6.1 y 2-IC de Secciones de Firme, para los viales en proyecto, se admitirán explanadas tipo E-1, E-2 ó E-3. La categoría de explanada viene dada por las características de los materiales bajo la rasante, en caso de desmonte, o cercanos a la traza o procedentes de la excavación en el caso de terraplén.

Siguiendo los criterios establecidos en el Pliego PG-3, los materiales procedentes de las excavaciones para la construcción de la autovía se clasifican como marginales.

Los materiales excavados, dado su contenido en yesos, no se consideran aptos para su empleo en rellenos ni explanadas. Aunque existen precedentes de rellenos ejecutados con materiales marginales en infraestructuras próximas (M-45, M-50 y R-4), en este caso su empleo sería más complicado. Por una parte, la presencia de sulfatos complica las posibilidades de estabilización del material, y por otra, el escaso volumen de relleno requerido tampoco permite su encapsulamiento.

TIPOLOGIA DE LOS SUELOS DE LA EXPLANACION (DESMONTES) Y/O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES Y/O RELLENOS TODO UNO)



Para poder asignar a los suelos una clasificación tienen que tener un espesor mínimo de 1.0 m. En caso contrario se asignará la categoría inmediatamente inferior
Los espesores de las capas están en centímetros
Será preceptivo proyectar una capa de separación entre los suelos inadecuados o marginales con finos plásticos y las capas de suelo adecuado o seleccionado.
Dicha capa consistirá en la estabilización in situ con cal de 15 cm de espesor, en una lámina geotextil o en una membrana plástica.
Los rellenos tipo todo-uno o pedraplen, salvo si están constituidos por materiales marginales, son equiparables a suelos seleccionados (3)

DIVISION DE CARRETERAS DE TYPSA

Para el caso de tramos de autovía de nueva construcción, la "Nota de Servicio 5/2006 sobre explanaciones y capas de firme tratadas con cemento" indica que se debe disponer una categoría de explanada tipo E3, no es el caso.

Los altos contenidos en sulfatos de los materiales de la traza desaconsejan el tratamiento de suelos con adición de aglomerantes, descartándose, por tanto, cualquiera de las soluciones propuestas por la instrucción de firmes para la obtención de una explanada tipo E3, pues todas ellas requieren suelos estabilizados in situ con cal o cemento.

Por ello para formalizar una capa de suelo estabilizado del cualquier tipo será necesario aportar material de fuera de la traza.

En principio valdría cualquiera de los yacimientos granulares incluidos en la tabla siguiente.

Yacimiento Granular	Distancia al centro del trazado (km)	Volumen Aprovechable (m^3)	Utilización
PA-1	28	> 300.000	Rellenos, Zahorras y Hormigones
PA-2	27	> 300.000	Rellenos, arena río, zahorras para hormigones
PA-3	23	>500.000	Rellenos, zahorra para hormigones y firmes
PA-4	27	1.500.000	Rellenos, arena de río, zahorras para hormigones y mezclas bituminosas
PA-5	32	>300.000	Rellenos, arena de río y zahorras
PA-6	26	300.000	Rellenos, arenas y zahorras para hormigones
PA-7	27	4.200.000	Rellenos y zahorras para hormigones y mezclas bituminosas
PA-8	31	300.000	Zahorra natural y Rellenos
PA-9	23	1.600.000	Rellenos y zahorras para hormigones y mezclas bituminosas
PA-10	43	500.000	Rellenos y zahorra artificial
PA-11	53	2.400.000	Rellenos y zahorras artificiales para hormigones y capas de firme
PA-12	9	-	Rellenos y capas de firme

3. COMPARATIVA TECNICO-ECONOMICA

3.1.1. EXPLANADA

Para seleccionar el tipo de firme se han de tener en cuenta la ubicación geográfica de la obra, la disponibilidad de materiales en las proximidades de las obras, el estudio económico y consideraciones técnico-económicas. Se han de considerar asimismo aspectos constructivos, como la búsqueda de la homogeneidad entre la solución proyectada y la existente al tratarse de trazados nuevos y ampliaciones de plataforma. En este sentido se ha buscado que las características y la disposición de capas de los firmes actual y proyectado sean semejantes. Por último, se han de considerar asimismo aspectos relacionados con la conservación y el buen funcionamiento de las obras como la correcta evacuación de las aguas infiltradas a través del firme.

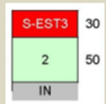
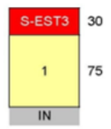
Para definir el tipo de explanada empleado en el Proyecto se han aplicado los criterios definidos en la Norma 6.1-IC "Secciones de firme y capas estructurales de firmes".

Asimismo, en la Nota de Servicio 5/2006 de la Dirección General de Carreteras sobre explanaciones y capas de firme tratadas con cemento se indica 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.

Siguiendo el criterio general de disponer la explanada con mejor capacidad portante de las posibles, se ha seleccionado la explanada E3, además las secciones definidas para tráfico T0 solamente se disponen con esta explanada. Dentro de las distintas soluciones definidas en la Norma 6.1-IC para la formación de dicha explanada, se han estudiado todas las definidas con suelo marginal y se ha obtenido lo siguiente:

Se ha realizado un estudio comparativo económico para seleccionar la sección económica para los distintos tipos de suelos, atendiendo a la Norma 6.1-IC "Secciones de firme y capas estructurales de firmes".

Los resultados obtenidos del estudio comparativo, en función de los tipos de suelo de la explanada o la obra de tierras subyacente son:

EXPLANADA	SECCIÓN		€/m³	€/capa	€/ sección explanada
E3		30 cm S-EST3	8,26	2,478	6,103
		50 cm S-EST1	7,25	3,625	
		30 cm S-EST3	8,26	2,478	5,813
		50 cm S. Selec(2)	6,67	3,335	
		30 cm S-EST3	8,26	2,478	6,881
		75 cm S. Adec(1)	5,87	4,4025	

La solución empleada para obtener explanada E3 sobre suelos marginales es disponer 30 cm de suelo S-EST3 y 50 cm de S. seleccionado, por ser la más económica de las tres.

3.1.2. SECCIONES DE FIRME

De acuerdo a las consideraciones de los apartados anteriores, se debe seleccionar el firme a disponer de entre las secciones que recomienda la Norma 6.1-IC "Secciones de Firme" para categoría de tráfico T0 y explanada E3. Esto corresponde a las secciones 031, 032 y 034.

Las secciones de firme 031 y 032 están formadas por firmes comúnmente denominados como semi-flexibles y semi-rígidos, compuestos por mezclas bituminosas, con subbase de capas granulares o de capas tratadas con cemento.

Por otro lado, la sección 034 corresponde a secciones de firme rígido, compuestas por 25 cm de hormigón vibrado sobre una base de 15 cm de hormigón magro vibrado. Las secciones de firme rígido son de uso menos frecuentes en la red nacional de carreteras, motivado tal vez por su mayor coste de construcción respecto a otras secciones convencionales y la dificultad de renovación al final de su vida útil, por lo que en principio se desecha.

Por lo tanto la elección se realizará entre las secciones 031 y 032.

En las secciones con mezclas bituminosas, para categoría de tráfico T0, en capa de rodadura se pueden emplear mezclas discontinuas en caliente de tipo BBTM 11B (para categoría de tráfico T1 no son de

aplicación las de tipo BBTM 11A) o bien mezclas bituminosas drenantes (PA).

Cabe destacar algunas ventajas técnicas de las mezclas bituminosas discontinuas frente a las mezclas convencionales, como su alta resistencia, baja velocidad de deformación, módulo de rigidez superior y su excelente comportamiento a fatiga.

Además su aplicación es muy recomendable en autovías dadas sus excelentes prestaciones desde el punto de vista de la seguridad y la comodidad, ya que representan un buen compromiso entre la adherencia y la sonoridad. Si a esto añadimos su excelente relación durabilidad/coste y la no existencia de problemas específicos durante la explotación.

En cuanto a las secciones del firme, y teniendo en cuenta que las secciones existentes son de suelo cemento y las contempladas en el proyecto de "Autovía de Sur A-4. Tramo: Madrid-Seseña. Plataformas reservadas para el transporte público y vias de servicio" 49-M-12360, deberían ser de suelocemento, no obstante se realiza la comparativa pertinente.

Solamente se comparará la sección completa para el tráfico T0, pues es la categoría mayor para firmes nuevos, el resto de secciones quedará condicionada a los resultados que se obtengan.

3.1.2.1. Costes de construcción

A continuación, se procede a realizar una comparación económica entre los costes de ejecución material, por m², de cada una de las secciones estructurales descritas anteriormente para T0 y lo que se obtenga se aplica al resto de secciones por homogeneidad de capas y materiales.

Los precios empleados para realizar la comparativa son los contemplados en la Orden Circular 37/2016 Base de Precios de Referencia de la dirección General de Carreteras.

		031		032	
	€	med/m²	presup.€	med/m²	presup.€
m² MBC en rodadura BBTM 11b PMB 45/80-65C sin incluir betún ni filler	2,50	0,068400	0,17	0,068400	0,17
t MBC en intermedia AC22 Bin S BC 35/50 S sin incluir betún ni filler	26,67	0,173600	4,63	0,173600	4,63
t MBC en base AC 32 BASE G BC 35/50 G sin incluir betún ni filler	26,68	0,490000	13,07	0,245000	6,54
t betún PMB 45/80-65C	601,02	0,003200	1,92	0,003200	1,92
t betún BC 35/50	518,34	0,026500	13,74	0,016700	8,66
t polvo mineral como filler aportación BBTM 11 B	49,27	0,003900	0,19	0,003900	0,19
t polvo mineral como filler aportación AC22 BiN S	49,27	0,007600	0,37	0,007600	0,37
t polvo mineral como filler aportación AC32BASE G	49,27	0,019600	0,97	0,009800	0,48
t C60B3 ADH en riegos de adherencia	504,19	0,000800	0,40	0,000800	0,40
t C60BP3 ADH en riegos de adherencia	583,07	0,000600	0,35	0,001200	0,70
t C60B3 adh+cur en riegos de adherencia	504,19		0,00	0,0015	0,76
t C60BF4 IMP en riegos de imprimación	431,25	0,000900	0,39		0,00
m³ zahorra artificial	18,56	0,250000	4,64		0,00
m³ suelocemento SC-40	23,96		0,00	0,250000	5,99
t CEM IIB-S-32,5 de cemento para SC40	71,18		0,00	0,010000	0,71
TOTAL			**40,85**		**31,53**

A la vista de los resultados obtenidos, la sección más económica es la 032.

Por otro lado, para realizar un análisis comparativo real, aparte de los costes de construcción hay que considerar también los costes de conservación y los aspectos técnicos de comportamiento de cada una de las secciones, por tanto no se descartan a priori ninguna de las soluciones hasta analizar también los costes derivados de la conservación en cada una de ellas.

3.1.2.2. Costes de conservación

Los costes de construcción son tan solo una visión parcial de un planteamiento económico más amplio, debiendo extenderse el análisis a un determinado periodo o "ciclo vital" en el cual se consideren todas las operaciones que puedan tener lugar desde el momento de la construcción del firme, incluyendo aquellas actuaciones de rehabilitación que sean necesarias tras la finalización del periodo de proyecto para seguir aprovechando la infraestructura existente. Por otro lado, debe tenderse a elegir un periodo de análisis tal que la influencia de la tasa de actualización que se escoja sea lo menor posible, para así conseguir objetivar al máximo el proceso. Para ello, debe irse a periodos de análisis inferiores a 5 años o superiores a 35 años. En el caso concreto de este estudio, se ha considerado apropiado adoptar un periodo de

análisis de N=40 años. Para poder sumar los diferentes costes que se producen a lo largo del periodo de análisis y hallar el coste total de una sección es preciso una actualización de los que se producen en diferentes momentos.

Para este estudio se ha adoptado una tasa de actualización a = 2,5%, considerándose que se mantiene constante a lo largo de todo el periodo de análisis.

Por otro lado, en este estudio se ha trabajado con "euros constantes", es decir, no se considera incluida en la tasa de actualización la tasa de inflación. El coste total de una sección de firme viene dado por la siguiente expresión:

C= C1 + C2 + C3 + C4

Donde:

-C es el coste total de la sección.

-C_1 es el coste de construcción (inversión inicial).

-C_2 es el coste de conservación, incluyendo tanto los costes de las operaciones ordinarias como los costes de rehabilitaciones que se producen durante el periodo al que se extiende el análisis económico, todos ellos actualizados al año de la construcción.

-C_3 es el valor residual de la sección al final del periodo al que se extiende el análisis económico y actualizado al año de la construcción.

-C_4 representa el conjunto de costes, también convenientemente actualizados, que soportan los usuarios de la carretera como consecuencia de las labores de conservación: demoras, gastos adicionales de combustibles, etc.

3.1.2.3. Costes conservación ordinaria y extraordinaria

El coste de conservación puede a su vez considerarse formando por dos sumandos y viene dado por la expresión:

$C_2 = C_{21} + C_{22}$

Donde:

-C_{21} son los costes de conservación ordinaria a lo largo del periodo de análisis.

-C_{22} son los costes de las rehabilitaciones u operaciones de conservación extraordinarias realizadas durante el periodo de análisis.

3.1.2.3.1 Costes conservación ordinaria

Los costes de conservación ordinaria C_{21} pueden ser evaluados de dos formas diferentes. La primera consiste en estimar las distintas operaciones que han de ser llevadas a cabo durante el periodo de proyecto, calculando sus respectivos costes y actualizándolos al año de la construcción. Es la mejor forma si se dispone de bases de datos sobre las necesidades reales de conservación ordinaria de cada sección, y es igual que la que se sigue para los costes de rehabilitación. La segunda forma de evaluar los costes de conservación ordinaria consiste en suponer que en cada uno de los años del periodo de análisis el gasto que se produce por ese concepto es un porcentaje 'b' del coste de construcción C_1 de la sección de que se trate. Por tanto:

$$C_{21} = \frac{b}{100} x C_1 x \left[(1+a)^{-1} + (1+a)^{-2} + \ldots + (1+a)^{-40}\right]$$

Si se considera a = 2,5%,

$C_{21} = 0.251 x b x C_1$

3.1.2.3.2 Costes conservación extraordinaria

Para poder evaluar los costes de las rehabilitaciones C_{22} es preciso prever qué operaciones de este tipo se van a realizar durante el periodo de análisis. Si se han previsto, por ejemplo, actuaciones extraordinarias de conservación a los 10, 20, 30 y 35 años, de coste respectivo R10, R20, R30 y R35, el coste actualizado del conjunto de las mismas vendrá dado por la expresión:

$$C_{22} = \left[R_{10} x (1+a)^{-10} + R_{20} x (1+a)^{-20} + R_{30} x (1+a)^{-30} + R_{35} x (1+a)^{-35}\right]$$

3.1.2.4. Valor residual

El valor residual C3 de una sección de firme es lo que esta sección cuesta al final del periodo de análisis. Se puede evaluar de muy diversas formas. Una de ellas es como un porcentaje V del coste de construcción C1 convenientemente actualizado:

El valor residual C3 de una sección de firme es lo que esta sección cuesta al final del periodo de análisis.

$$C_3 = \frac{V}{100} x C_1 x (1+a)^{-40}$$

Si se considera a = 2,5%,

$C_3 = 0.0037xVxC_1$

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el valor residual depende también en gran medida del coste de las operaciones de conservación que se hayan ido realizando a lo largo de dicho periodo de análisis. De todos modos, el valor residual suele influir poco en los análisis económicos, pues se sitúa al final del periodo de análisis, e influye tanto menos cuánto más alta sea la tasa de actualización.

En definitiva, el **coste total** de una sección vendrá dado por la expresión siguiente:

$$C = C_1 + \left[\left(\frac{b}{100}\right)xC_1x\left[(1+a)^{-1} + (1+a)^{-2} + \ldots + (1+a)^{-40}\right]\right]$$
$$+ \left[R_{10}x(1+a)^{-10} + R_{20}x(1+a)^{-20} + R_{30}x(1+a)^{-40} + R_{35}x(1+a)^{-35}\right]$$
$$- \left[\left(\frac{V}{100}\right)xC_1x(1+a)^{-40}\right] + C_4$$

En lo que se refiere a los costes de conservación, ya se ha mencionado que suele hacerse una distinción entre los que se producen de manera continuada a lo largo del tiempo (operaciones rutinarias de conservaciones) y los que se concentran en momentos precisos del periodo de análisis (rehabilitaciones u operaciones extraordinarias de conservación).

En el caso de los costes C_{21} de operaciones rutinarias, es habitual estimarlos como un tanto por ciento de los costes de construcción, siendo normal una cifra b = 0,5% para las secciones flexibles o semirrígidas, y de b = 0,2% para las rígidas.

En lo que se refiere a los costes C_{22} de las rehabilitaciones en operaciones de conservación extraordinarias, ante la experiencia en España con los pavimentos de autovías, se han adoptado unas propuestas simplistas, pero que se cree razonables, que se indican a continuación:

-Secciones acabadas en 1:

Año 10: Mezcla discontinua en caliente (3 cm de BBTM 11B PMB 45/80-65 C)+ 1% del coste inicial.

Años 20 y 30: 10 cm de mezcla bituminosa en caliente (3 cm de BBTM 11B PMB 45/80-65 C + 7 cm de AC22 bin BC35/50 S).

Año 35: Mezcla discontinua en caliente (3 cm de BBTM 11B PMB 45/80-65 C) + 1% del coste inicial.

-Secciones acabadas en 2:

Años 10 y 20: Mezcla discontinua en caliente (3 cm de BBTM 11B PMB 45/80-65 C)+ 1% del coste inicial

Año 30: 10 cm de mezcla bituminosa en caliente (3 cm de BBTM 11B PMB 45/80-65 C + 7 cm de AC22 bin BC35/50 S).

Año 35: Mezcla discontinua en caliente (3 cm de BBTM 11B PMB 45/80-65 C) + 1% del coste inicial.

En todos los casos se incluyen los correspondientes riegos de adherencia, cuyos costes forman parte de la evaluación, adoptándose los mismos precios unitarios utilizados en el cálculo de los costes de construcción.

En cuanto al porcentaje V para la determinación del valor residual de las secciones al final del periodo de análisis, se han adoptado el valor del 35%.

Finalmente, en lo que se refiere a los costes de los usuarios, hay que decir que no existen suficientes datos sobre la influencia de las distintas soluciones en los mismos. Es un aspecto al que se le ha prestado relativa poca atención, lo que puede deberse a la opinión bastante general de que, mientras el estado del pavimento se mantenga dentro de unos límites aceptables, la diferencia de costes atribuible a comportamientos distintos es de difícil estimación y probablemente pequeña. En todo caso, las Administraciones Públicas no suelen incluir este concepto en sus estudios de rentabilidad. En esta línea, se ha adoptado en el presente trabajo C4=0.

3.1.2.5. Comparación total de costes

En definitiva, adoptando unos valores de b=0,65% y V=35% el coste total de las secciones a comparar será:

SECCION DE FIRME	COSTE CONSTRUCCIÓN (€/m²)	COSTE CONSERVACIÓN ORDINARIA (€/m²)	COSTE CONSERVACIÓN ESTRAORDINARIA (€/m²)	VALOR RESIDUAL CR (€/m²)	COSTE TOTAL FIRME (€/m²)
031	40,85	5,13	21,81	5,29	73,07
032	31,53	3,96	18,34	4,08	57,91

Una vez considerados los gastos de conservación en las diferentes secciones y el valor residual de las mismas, la más económica sigue siendo la sección 032.
Tal y como se recoge en la en la Orden FOM 3317/2010, de entre todas las secciones posibles se elegirá aquella que suponga un coste de ejecución y conservación menor.
Por todo esto se recomienda la elección de la sección 032 con capa de rodadura discontinua, como la más adecuada para el vial nuevo con la máxima carga de tráfico.

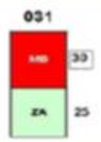
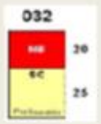
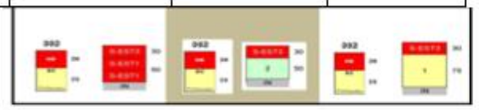
3.1.3. COMPARATIVA TÉCNICO-ECONÓMICA EXPLANADA-SECCIÓN DE FIRME

Tal y como establece la ORDEN FOM/3317/2010, de 17 de diciembre, la sección de firme a utilizar se dimensionará de acuerdo con la categoría de tráfico que resulte con las hipótesis de crecimiento. De

entre todas las secciones posibles se elegirá aquella que suponga un coste de ejecución y conservación menor.

A continuación se incluye una comparativa técnico – económica conjunta de la explanada – firme para diferentes tipos de sección. Dado que la categoría de tráfico de la via lateral es un T0, sólo puede adoptarse el tipo de explanada E-3, para los distintos tipos de suelos de la explanación o de la obra de tierras subyacente. En apartados precedentes, se han determinado tanto la sección de explanadas de menor coste según el tipo de suelo, como la sección de firme más favorable económicamente, atendiendo a criterios de construcción, conservación ordinaria y conservación extraordinaria.

La tabla siguiente recoge los resultados obtenidos del conjunto, permitiendo determinar la sección conjunta más favorable desde el punto de vista económico.

TRAFICO	SECCIÓN		coste construcción €/m²	coste conservación: ordinaria €/m²	coste conservación: extraordinaria €/m²	valor residual €/m²	coste total €/m²	coste explanada			coste explanada+sección firme		
T0		30 cm MB	40,85	5,13	21,81	5,29	73,07	6,10	5,81	6,88	79,17	78,88	79,95
		25 cm ZA											
		20 cm MB	31,53	3,96	18,34	4,08	57,91				64,01	63,72	64,79
		25 cm SC											
													

La solución más económica es:
Explanada de 30 cm S-EST3+50 cm de suelo seleccionado
Sección 032 de firmes

4. SECCIÓN DE FIRME ADOPTADA

Como se puede comprobar, la sección con base de suelo-cemento, es más barata que la sección con Zahorra artificial:

Para los de viales de este proyecto se adoptan, por lo tanto, las siguientes secciones, análogas a la del seleccionada.

4.1.1. Viales nuevos

Las secciones de firme se proyectan según el catálogo de firmes de la Instrucción 6.1.-I.C. y de acuerdo con los artículos 542 y 543 para mezclas bituminosas de la Orden FOM/2523/2014 sobre el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

Los viales son lo del cuadro del apartado 2.2.1 del presente anejo.

Las secciones serán:

Categoria de tráfico T00. Sección 0032:

3 cm de BBTM 11B PMB 45/80-65
C60BP3 ADH
7 cm de AC22 bin BC 35/50 S
C60B3 ADH
15 cm de AC32 BASE BC 35/50 G
C60B3 ADH
C60B3 CUR
30 cm de suelocemento

Categoria de tráfico T0. Sección 032:

3 cm de BBTM 11B PMB 45/80-65
C60BP3 ADH
7 cm de AC22 bin BC 35/50 S
C60B3 ADH
10 cm de AC32 BASE BC 35/50 G
C60B3 ADH
C60B3 CUR
25 cm de suelocemento

Categoría de tráfico T1. Sección 132

3 cm de BBTM 11B PMB 45/80-65
C60BP3 ADH
7 cm de AC22 bin BC 35/50 S
C60B3 ADH
10 cm de AC32 BASE BC 35/50 G
C60B3 ADH
C60B3 CUR
20 cm de suelocemento

Categoría de tráfico T2. Sección 232

3 cm de BBTM 11B PMB 45/80-65
C60BP3 ADH
5 cm de AC22 bin BC 35/50 S
C60B3 ADH
7 cm de AC32 BASE BC 35/50 G
C60B3 ADH
C60B3 CUR
20 cm de suelocemento

Categoría de tráfico T42. Sección 4232

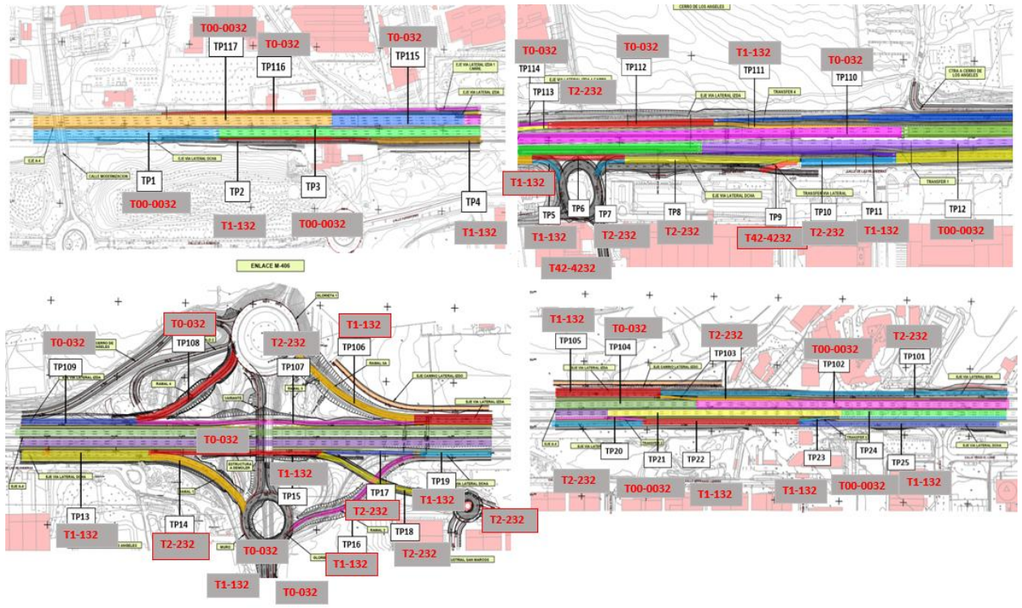
5 cm de AC16 SURF BC50/70 D
C60B3 ADH
C60B3 CUR
20 cm de suelocemento

En las estructuras vehiculares:
3 cm de BBTM 11B PMB 45/80-65
C60BP3 ADH
5 cm de AC16 SURF BC50/70 S

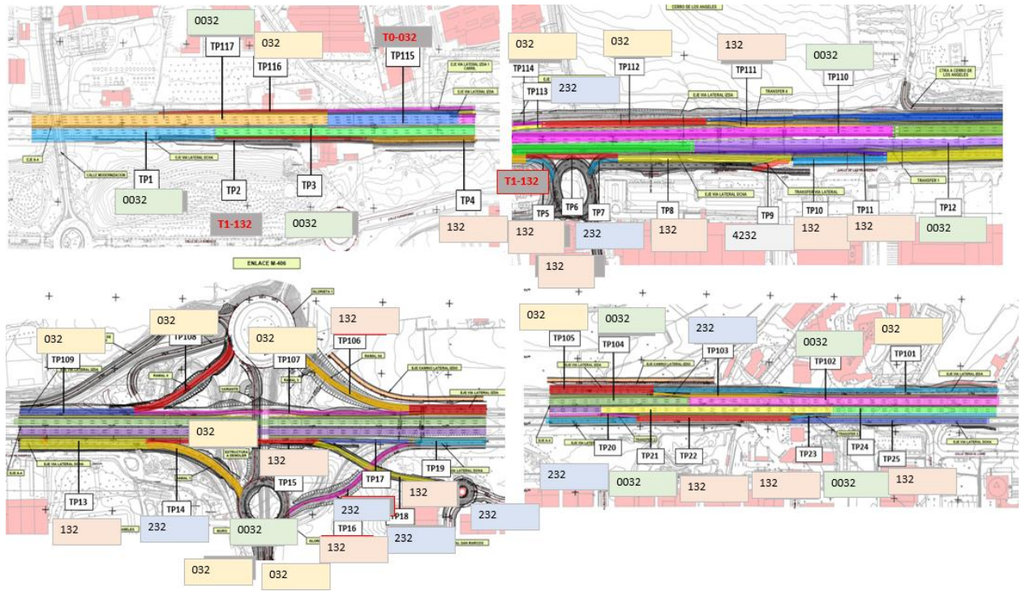
En las pasarelas slurry de color rojo.

En los viales de firme nuevo se diseñó el paquete de pavimento bajo arcén en cumplimiento de la normativa vigente, si es menor de 1.25 m se define paquete completo de firme.
Salvo en los dos viales de categoría T42, de 100 m ambos que se ha dado continuidad a la capa de rodadura en lugar de un tratamiento superficial con el fin de homogeneizar. Según normativa vigente:
"Salvo justificación en contrario, el firme de los arcenes de anchura no superior a 1,25 m será, por razones constructivas, prolongación del firme de la calzada adyacente. Su ejecución será simultánea, sin junta longitudinal entre la calzada y el arcén. En arcenes de anchura superior a 1,25 m, su firme dependerá de la categoría de tráfico pesado prevista para la calzada y de la sección adoptada en ésta; se evitará en lo posible la aparición de nuevas unidades de obra.
T00-T0-T1
En todos los casos las capas de rodadura e intermedia del arcén serán prolongación de las dispuestas en la calzada y, por tanto, de idéntica naturaleza. Su espesor no bajará en ningún caso de 15 cm sobre zahorras artificiales y de 10 cm sobre capas tratadas con cemento.
T2
El pavimento del arcén constará de una capa de mezcla bituminosa con el mismo espesor que la capa de rodadura del firme de la calzada, salvo si ésta fuera drenante o discontinua en caliente, en cuyo caso el pavimento del arcén se constituirá con las mismas capas de rodadura e intermedia que el firme de la calzada, de forma que vayan enrasadas las capas intermedias.
T42
En vías de servicio no agrícolas de autopistas y autovías el arcén tendrá un pavimento constituido por un tratamiento superficial, el cual podrá no disponerse en los demás casos. La capa de base estará constituida por zahorra artificial, procurando enrasar con una de las capas del firme de la calzada; el resto, hasta llegar a la explanada, será de zahorra, o de suelo seleccionado con un CBR ≥ 20, en las condiciones especificadas de puesta en obra."
Por continuidad se podrían homogenizan los tramos ya que algunos viales tienen diferentes categorías de tráfico a lo largo de su longitud. Por ejemplo la Vía lateral derecha desde la gasolinera inicial hasta el enlace tiene dos categorias de trafico T1, T2 y T42. El tramo T42 tiene 260 m. Las seciones 132 y 4232

difieren mucho y además la rodadura es diferente. Por lo tanto se homogeiniza toda su longitud a una sola sección la 13. La variante 2 tiene tráficos T0 y la otra T1 y al ser una plataforma continua se ha homogeneizado a sección 032.
Los tramos estudiados con cada sección de firme obtenida literalemente por la categoria de tráfico eran estas.

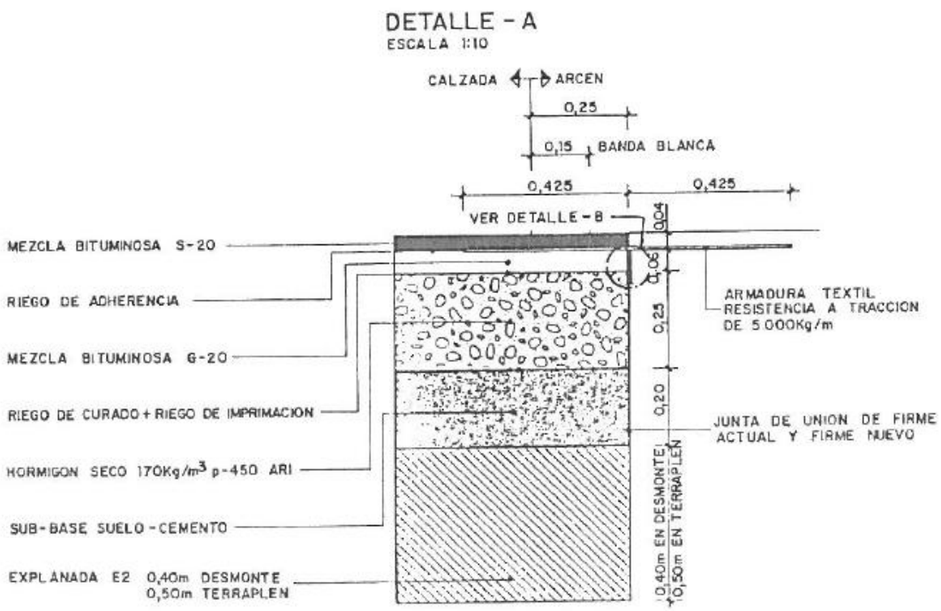


Al homogeneizarse, los tramos 2,4,6,8,10,13,22,25 serán iguales con sección 132 y los tramos 116,114,112,109,107,105,101, seran igaules con sección 032



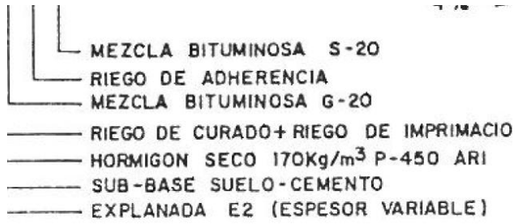
4.1.2. Viales existentes

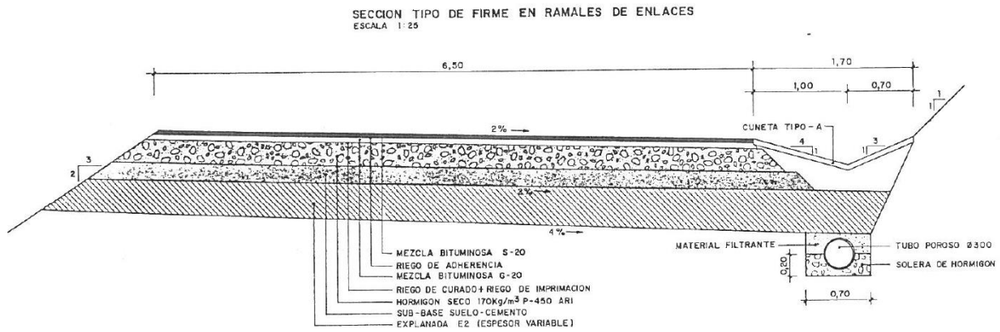
Para determinar las actuaciones en los viales existentes ha sido necesario conocer datos acerca de su paquete de firme. Se han tenido en cuenta tanto los datos proporcionados por la concesionaria , como los datos que figuran en los proyectos del tramo facilitados por la misma: 1-M-472; 1-M-1145.
En el tronco de autovia el firme inicial era:



Posteriormente se han llevado a cabo rehabilitaciones superficiales y estructurales en el tramo de estudio. Los datos facilitados por la concesionaria figuran en el anexo 1.

Y en los ramales de enlace el tipo de firme es:





Del resto de viales correspondientes a las vias laterales no se tiene conocimiento del firme existente.

Las actuaciones de rehabilitación de firmes y pavimentos, en general, se clasifican, según su finalidad, en estructurales y superficiales. Las primeras tendrán por objeto aumentar significativamente la capacidad estructural del firme existente, adecuándola a las acciones del tráfico previsto durante su período de servicio. El objeto de las segundas será conservar o mejorar sus características funcionales (seguridad, comodidad, etc.) y la protección del conjunto del firme (aumento de la durabilidad, impermeabilidad, uniformidad, aspecto, etc.). Las actuaciones de rehabilitación estructural, adecuadamente proyectadas y construidas, darán solución a ambos supuestos, ya que supondrán la mejora de la regularidad longitudinal y transversal y de la textura superficial.

En el proyecto se opta por una renovación o rehabilitación superficial.

En general, la rehabilitación o renovación superficial de un tramo de carretera podrá justificarse si se produce alguno de los supuestos siguientes:

• Cuando no sea necesaria una rehabilitación estructural, de acuerdo con lo indicado en esta norma, pero el estado superficial del pavimento presente deficiencias que afectan a la seguridad de la circulación, a la comodidad del usuario o a la durabilidad del pavimento. Las deficiencias que, en determinado grado, pueden justificar una rehabilitación superficial del firme son las siguientes:

— Pavimento deslizante por pulimento o por falta de macrotextura.

— Pavimento deformado longitudinal o transversalmente, con una regularidad superficial inadecuada.

— Pavimento fisurado, descarnado o en proceso de desintegración superficial.

• Cuando, realizada la tramificación según lo indicado en el apartado 6.1, de la ORDEN FOM/3459/2003, DE 28 DE NOVIEMBRE, POR LA QUE SE APRUEBA LA NORMA 6.3 IC: REHABILITACIÓN DE FIRMES, DE LA INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS (BOE DE 12 DE DICIEMBRE DE 2003) existan tramos cortos (inferiores a 200 m) que no precisen rehabilitación estructural ni superficial, pero estén comprendidos entre dos

contiguos que sí la necesitan, podrá ser conveniente dar continuidad a la superficie de rodadura, por criterios de uniformidad funcional.

• Por razones de conservación preventiva, en ciertos casos convendrá aplicar el criterio anterior a tramos o grupos de tramos de longitud mayor, en los que, de acuerdo con esta norma, no sea estrictamente necesaria la rehabilitación (estructural o superficial), pero se prevea que lo vaya a ser a corto plazo.

En los viales a rehabilitar en el proyecto se encuentran dentro de este último punto. Se diseña un trazado que hace que aumente el número de vehículos y es necesaria una conservación preventiva.

Se opta por el fresado de 3 cm de la capa de rodadura existente y la disposición de 3 cm de mezcla bituminosa BBTM 11B PMB 45/80-65 y anteriormente un riego de adherencia C60BP3 ADH.

Se ha analizado el plan de pavimentos facilitado por la concesionaria, que se adjunta en el anexo 1 de este anejo, verificando mezclas empleadas, betunes y riegos.

Sería óptimo haber empleado en los ramales de transferencia las mismas capas que las facilitadas en la rehabilitación estructural realizada por el concesionario, pero al no cumplir actualmente la normativa se han empleado otros betunes.

Tramo	Intensidad Diaria de pesados en 2020	% pesados respecto a IMD total	$IMD_{pesados}$ en el carril de proyecto	Categoría de tráfico pesado	Descripción	vial exist.	vial nuevo
Sentido Córdoba							
TP1	8793	10,40%	7034	T00	Tramo de trenzado comprendido entre la incorporación de la M45/Avda. de Andalucía y la salida hacia el Polígono Los Ángeles.	x	
TP2	1799	11,80%	1799	T1	Salida hacia el Polígono Los Ángeles	x	
TP3	6994	10,00%	5595	T00	A4 entre salida hacia Polígono Los Ángeles y salida hacia la vía colectora antes del enlace con la M406	x	
TP4	1799	11,80%	1799	T1	Vía colectora entre la gasolinera del Polígono Los Ángeles y la entrada a dicho Polígono.		x
TP5	1799	11,80%	1799	T1	Salida desde la vía colectora hacia el polígono de Los Ángeles.		x
TP6	0	-	0	T42	Vía lateral entre salida hacia polígono los Ángeles y entrada desde el mismo.		x
TP7	662	18,90%	662	T2	entrada desde glorieta del polígono de Los Angeles a via lateral.		x
TP8	662	18,90%	662	T2	Vía lateral entre salida hacia polígono los Ángeles y entrada desde el mismo.		x
TP9	0	0,00%	0	T42	Entrada desde el polígono Los Ángeles		x
TP10	662	18,70%	662	T2	Vía lateral entre la entrada desde el polígono Los Ángeles y la salida desde el tronco hacia la vía de servicio antes del enlace con la M406.		x
TP11	946	11,90%	946	T1	Salida desde el tronco hacia la vía colectora antes del enlace con la M406		x
TP12	6048	9,80%	4838	T00	A4 entre la salida hacia la colectora, antes del enlace con al M406 y la salida hacia la vía colectora pasado el enlace con la M406		x
TP13	1608	14,00%	1286	T1	Vía lateral entre la salida desde el tronco hacia la vía colectora antes del enlace con la M406 y el ramal de salida hacia la M406	x	

Tramo	Intensidad Diaria de pesados en 2020	% pesados respecto a IMD total	$IMD_{pesados}$ en el carril de proyecto	Categoría de tráfico pesado	Descripción	vial exist.	vial nuevo
Sentido Córdoba							
TP14	563	8,10%	563	T2	Ramal de salida hacia la M406		x
TP15	1045	22,70%	1045	T1	Vía lateral entre el ramal de salida y el ramal de entrada desde la M406	x	
TP16	923	14,10%	923	T1	Ramal de entrada desde la M406		x
TP17	552	19,30%	552	T2	Vía lateral entre el ramal de entrada desde la M406 y la salida desde el tronco lateral hacia la vía colectora tras el enlace con la M406	x	
TP18	493	28,50%	493	T2	Conexión de la vía lateral con la miniglorieta		x
TP19	1475	15,70%	1475	T1	Vía lateral entre el ramal de entrada desde la M406 y la salida desde el tronco lateral hacia la vía colectora tras el enlace con la M406	x	
TP20	638	8,30%	638	T2	Salida desde el tronco hacia la vía colectora tras el enlace con la M406		x
TP21	5410	10,00%	4328	T00	A4 entre la salida desde el tronco hacia la vía colectora tras el enlace con la M406 y la entrada desde la vía colectora a la altura del polígono San Marcos	x	
TP22	2113	12,40%	1690	T1	Vía lateral tras la entrada desde la vía colectora a la altura del polígono San Marcos	x	
TP23	1297	17,20%	1297	T1	Entrada desde la vía colectora a la altura del polígono San Marcos hacia el tronco de la A4		x
TP24	6707	10,90%	5366	T00	Tronco. Tras la entrada desde la vía colectora a la altura del polígono San Marcos	x	
TP25	816	8,50%	816	T1	Vía lateral tras la entrada desde la vía colectora a la altura del polígono San Marcos		
	1799	11,10%	1799	T1	Glorieta Hipódromo		x
	3216	12,00%	3216	T0	Glorieta N-406 Getafe		x
	493	28,50%	493	T2	Miniglorieta		x
	2293	12,90%	2293	T0	Variante puente		x
	1421	9,20%	1421	T1	Variante bidireccional de enlace hacia Getafe		x
	3216	13,20%	3216	T0	Variante bidireccional de enlace desde Getafe		x

Tramo	Intensidad Diaria de pesados en 2020	% pesados respecto a IMD total	$IMD_{pesados}$ en el carril de proyecto	Categoría de tráfico pesado	Descripción	vial exist.	vial nuevo
Sentido Madrid							
TP101	510	9,00%	510	T2	Vía lateral hasta la salida hacia el hotel y gasolinera	x	
TP102	5155	9,00%	4124	T00	A4 hasta la salida hacia la M406	x	
TP103	781	10,20%	781	T2	Ramal de salida desde el tronco de la autopista hacia la vía lateral anterior al enlace con la M-406		x
TP104	4374	8,80%	3499	T0	Tronco. A-4	x	
TP105	1291	9,70%	1033	T1	Vía lateral entre la salida anterior desde el tronco hasta la salida hacia la M-406		x
TP106	858	10,20%	858	T1	Ramal de salida desde la vía lateral hacia la M406		x
TP107	433	8,80%	433	T2	Vía lateral entre los ramales de salida y entrada desde la M406	x	
TP108	2293	12,90%	2293	T0	Ramal de entrada desde la M406		x
TP109	2726	12,00%	2726	T0	Vía lateral entre el ramal de entrada de la M406 y la salida hacia el polígono Los Olivos		x
TP110	3456	8,00%	2765	T0	A4 entre la salida y la entrada desde el polígono Los Olivos	x	
TP111	918	14,50%	918	T1	Salida hacia el polígono Los Olivos		x
TP112	3644	12,50%	3644	T0	Vía lateral entre la salida y la entrada desde el polígono Los Olivos		x
TP113	220	1,10%	220	T2	Salida desde el polígono Los Olivos		x
TP114	3424	36,50%	3424	T0	Vía lateral entre salida desde el polígono Los Olivos y gasolinera	x	
TP115	3676	5,80%	2941	T0	A4 entre la entrada desde el polígono Los Olivos y la incorporación de la vía lateral	x	
TP116	3761	31,60%	3761	T0	Vía lateral entre gasolinera y fin de la vía lateral	x	x
TP117	7437	9,90%	5950	T00	A4 desde la incorporación de la vía lateral	x	
	3151	12,00%	3151	T0	Glorieta N-406 cerro de los Angeles	x	
					Carretera Cerro de los Angeles	x	

Ya que este tramo está concesionado, para el pavimento de la A-4 en su tronco se ha optado por analizar las deflexiones facilitadas y en las zonas o tramos con mayores valores se opta por el fresado de 3 cm de la capa de rodadura existente y la disposición de 3 cm de mezcla bituminosa BBTM 11B PMB 45/80-65 y anteriormente un riego de adherencia C60BP3 ADH.

5. CARACTERISTICAS DE LAS CAPAS DE LOS FIRMES

El estudio de las características de las diferentes capas de los firmes se ha realizado teniendo en cuenta la Instrucción 6.1-I.C así como los mencionados artículos del PG3, especialmente los textos actualizados en la Orden Circular 24/08 de los artículos 542 y 543, relativos a mezclas bituminosas.

5.1. MEZCLAS BITUMINOSAS.

Las características finales de las mezclas bituminosas solamente se podrán conocer con precisión en el laboratorio de obra, partiendo de unos áridos concretos, de una planta de fabricación concreta y una vez determinados los parámetros óptimos mediante el estudio de la fórmula de trabajo. Todo ello dentro de los límites establecidos en el artículo 542 del Pliego de prescripciones técnicas particulares.
Sin embargo, en el momento del proyecto se deben proporcionar unos datos, al menos aproximados, con los que medir y presupuestar las mezclas, lo que implica determinar " a priori" los siguientes componentes:

- Polvo mineral de aportación
- Betún
- Densidad

La densidad es un dato que, evidentemente, no se puede predecir, más que aproximadamente, suponiendo que cada una de las mezclas va a tener una densidad parecida a la de otras del mismo tipo nominal ya puestas en obra, es decir, de la experiencia más reciente disponible.

Los otros parámetros se podrían, también, preestablecer de forma aproximada, teniendo en cuenta que solamente se utilizarán a efectos del presupuesto de proyecto, puesto que sus valores definitivos y las cantidades a abonar se determinarán en obra, como ya se ha dicho.
Sin embargo los citados artículos actualizados, 542 y 543 del Pliego de Prescripciones Técnicas, proporciona la información necesaria para calcular los mencionados parámetros. El método empleado consiste en partir de los husos granulométricos especificados para cada mezcla y suponer una "fórmula de trabajo" teórica cuya granulometría coincida con la media aritmética de los valores que definen dichos husos.

Con ello queda fijada una de las infinitas combinaciones posibles dentro de ese huso, y se fijan así también los porcentajes de los árido grueso, árido fino y polvo mineral.
Otro parámetro que fija el PG3, aunque a título de recomendación, es la relación ponderal entre el polvo mineral y el betún.
Como se conoce el porcentaje de polvo mineral respecto a los áridos, es sencillo deducir el porcentaje de betún respecto a los áridos, o respecto al total de la mezcla, partiendo de la relación polvo mineral/betún recomendada para cada caso en el pliego.
Los resultados de los cálculos efectuados para cada una de las mezclas figuran en la siguiente tabla.
Se han empleado betunes mejorados con caucho .

Según 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), el Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso (formato PDF) aprobado el 5 de octubre de 2001, prioriza el reciclado de este residuo respecto a su valorización energética y prohíbe expresamente el vertido de neumáticos enteros o troceados a partir del 1 de enero de 2006. Además, el instrumento f) del mencionado Plan 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. En estos casos se exigirá la inclusión de este requisito en los correspondientes pliegos de prescripciones técnicas.
En este caso de han empleado los siguientes betunes:

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

5.2. RIEGOS

5.2.1. Riego de curado

El riego de curado de la superficie de suelo-cemento se realizará con emulsión bituminosa C60B3 CUR con una dotación inicial de 0.6 kg/m² de betún residual.

5.2.2. Riego de adherencia

El riego de adherencia se realizará con emulsión bituminosa C60B3 TER con una dotación inicial de 0.3 kg/m² de betún residual, es decir, con una dotación de emulsión de 0.526 kg/m². Bajo la capa de mezcla BBTM el riego de adherencia se hará con emulsión C60BP3 TER con una dotación de betún residual de 0.5 kg/m², equivalente a 0.877 kg/m².

5.2.3. Riego de imprimación

El riego de imprimación se extenderá sobre las capas granulares, antes de extender una mezcla, por ejemplo, sobre la zahorra artificial en los arcenes. Se realizará con emulsión C60BF5 con una dotación

inicial de 1kg/m² de ligante residual. El árido de cobertura será arena que pase por el tamiz 4 mm y solo quede retenida un 15% en el tamiz 0.063 mm, con una dotación de 5 litros por metro cuadrado.

MEZCLAS

(zona térmica estival: cálida)

Denominación	Empleo	Densidad (T/m³) (o dotación) (T/m²)	Espesor (cm)	Peso de los componentes de una tonelada de mezcla: Árido grueso	Árido Fino	Polvo mineral: Áridos	Polvo mineral: Filler	Tipo de betún y peso	Relación polvo mineral/betún
BBTM 11 B PBM 45/80-65	RODADURA	(65 kg/m²)	3	0,757	0,143	0,900	0,052	PBM 45/80-65 0,0480	1,1
AC 16 surf BC50/70 S	RODADURA	2,45	5	0,588	0,310	0,898	0,057	BC-50/70 0,0475	1,2
AC 22 bin BC35/50 S	INTERMEDIA	2,45	7-5	0,600	0,312	0,912	0,048	BC-35/50 0,04360	1,1
AC 32 base BC-35/50 G	BASE	2,3	15-10-7	0,713	0,207	0,920	0,040	BC-35/50 0,0400	1,0

RIEGOS

Tipo de riego	Ligante	Riqueza de betún	Dotación: Betún residual	Dotación: Emulsión	Árido de cobertura: Tipo de árido	Árido de cobertura: Dotación
Adherencia bajo capa de rodadura discontinua	C60BP3 ADH	58,0%	0,5 kg/m²	0,862069 kg/m²	-	
Adherencia	C60B3ADH	58,0%	0,3 kg/m²	0,5172414 kg/m²	-	-
Curado	C60B3 CUR	58,0%	0,6 kg/m²	1,0344828 kg/m²	-	5 litros/m²
Imprimación	C60BF5 IMP	-	1 kg/m²		Arena que pase por el tamiz 4 mm y solo quede retenido un 15% en el de 0,063 mm	5 litros/m²

Contenido mínimo de cemento	Resistencia a compresión a 7 días	Conglomerante
0,0575	2,5 a 4,5 MPa	CEM III 32,5 N
		CEM IV 32,5N
		CEM IV 32,5N
0,045	≥ 1,5 MPa	ESP VI 32,5 N

6. RECICLADO DE FIRMES

Se incluye una justificación de la no aplicabilidad o inconveniencia de emplear técnicas de reciclado de firmes en los viales existentes del proyecto, de acuerdo a lo dispuesto por la OC 40/2017, reciclado de firmes y pavimentos bituminosos.
Teniendo en cuenta los crietrios de la NS 3/2011 :

9. Aprovechamiento del material procedente de fresado en las mezclas bituminosas en proporciones inferiores al 10%

En el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de los proyectos de rehabilitación estructural de firmes, salvo adecuada justificación en contrario, se prescribirá el empleo en las mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso de material procedente del fresado de conformidad con lo especificado en el artículo 542 del PG-3.

Y comprobando el volumen de fresado disponible en el proyecto:

301.0140 **m²cm FRESADO DE PAVIMENTO BITUMINOSO O DE HORMIGÓN EXISTENTE**

FRESADO DE PAVIMENTO BITUMINOSO O DE HORMIGÓN EXISTENTE i/ CARGA, BARRIDO, RETIRADA Y TRANSPORTE DE RESIDUOS A LUGAR DE EMPLEO Y/O GESTOR AUTORIZADO HASTA UNA DISTANCIA DE 60 km.

margen derecha					
EJE-VC-DCHA- (1 carril)	1	190,00	5,50	3,00	3.135,00
EJE-VC-DCHA (2 carriles)	1	900,19	9,00	3,00	24.305,13
ENL-13_VTE-2 (4 carriles)	1	97,04	9,00	3,00	2.620,08
margen izquierda				3,00	3,00
EJE-VC-IZQDA-(2 carriles)	1	416,14	9,00	3,00	11.235,78
EJE-VIA-IZDA-1CARR	1	60,00	5,50	3,00	990,00
ENL-13_GL-1 (2 carriles)	1	320,44	9,00	3,00	8.651,88
ACCESO SILO	1	150,00	5,50	3,00	2.475,00
ENL-13_CTRA-C-ANGELES_EJE-1 (1 carril)	1	26,84	5,50	3,00	442,86
ENL-13_CTRA-C-ANGELES_EJE-2 (1 carril)	1	36,58	5,50	3,00	603,57
ENL-13_CTRA-C-ANGELES (2 carriles)	1	519,18	9,00	3,00	14.017,86
EJE_A4 (CAPA DE RODADURA)	1	3.270,97	28,00	3,00	274.761,48
					343.241.64

3.432,41m³

Según normativa.

En la fabricación de mezclas bituminosas para capas de base e intermedias, podrá emplearse el material procedente del fresado de mezclas bituminosas en caliente, según las proporciones y criterios que se indican a continuación:

En proporción inferior o igual al quince por ciento (≤ 15%) de la masa total de la mezcla, empleando centrales de fabricación que cumplan las especificaciones del epígrafe 542.4.2 y siguiendo lo establecido en el epígrafe 542.5.4 de este artículo.

En proporciones superiores al quince por ciento (> 15%), y hasta el sesenta por ciento (60%), de la masa total de la mezcla, siguiendo las especificaciones establecidas al respecto en el artículo 22 vigente del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras, PG-4.

En proporciones superiores al sesenta por ciento (> 60%) de la masa total de la mezcla, será preceptiva la autorización expresa de la Dirección General de Carreteras. Además se realizará un estudio específico en el Proyecto de la central de fabricación de mezcla discontinua y de sus instalaciones especiales, con un estudio técnico del material bituminoso a reciclar por capas y características de los materiales, que estarán establecidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares

Con las dotaciones del proyecto.

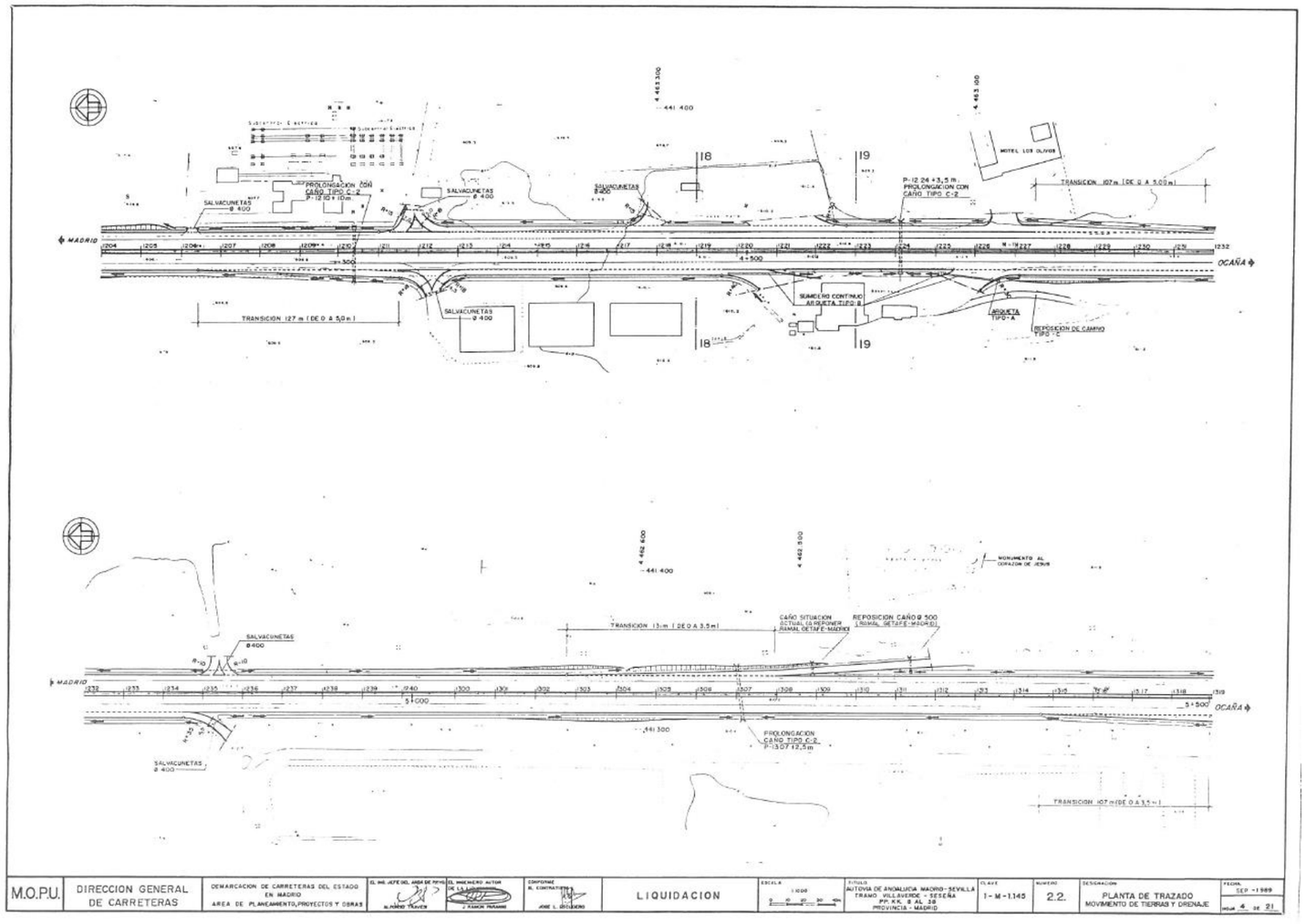
MEZCLAS
(zona térmica estival: cálida)

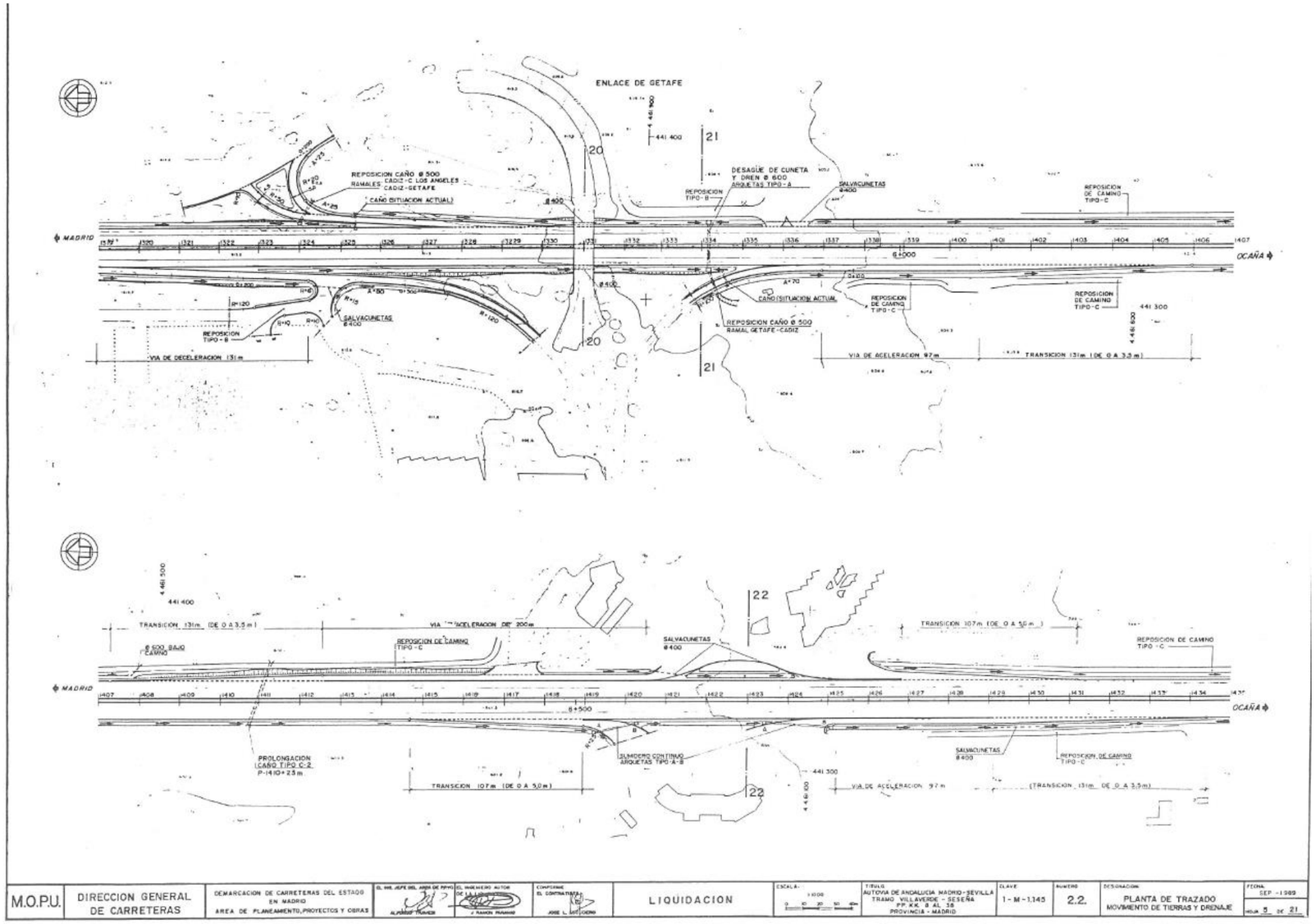
Denominación	Empleo	Densidad (T/m³) (o dotación) (T/m²)	Espesor (cm)	Peso de los componentes de una tonelada de mezcla: Árido grueso	Árido Fino	Polvo mineral: Áridos	Polvo mineral: Filler	Tipo de betún y peso	Relación polvo mineral/betún
BBTM 11 B PBM 45/80-65	RODADURA	(65 kg/m²)	3	0,757	0,143	0,900	0,052	PBM 45/80-65 0,0480	1,1
AC 16 surf BC50/70 S	RODADURA	2,45	5	0,588	0,310	0,898	0,057	BC-50/70 0,0475	1,2
AC 22 bin BC35/50 S	INTERMEDIA	2,45	7-5	0,600	0,312	0,912	0,048	BC-35/50 0,04360	1,1
AC 32 base BC-35/50 G	BASE	2,3	15-10-7	0,713	0,207	0,920	0,040	BC-35/50 0,0400	1,0

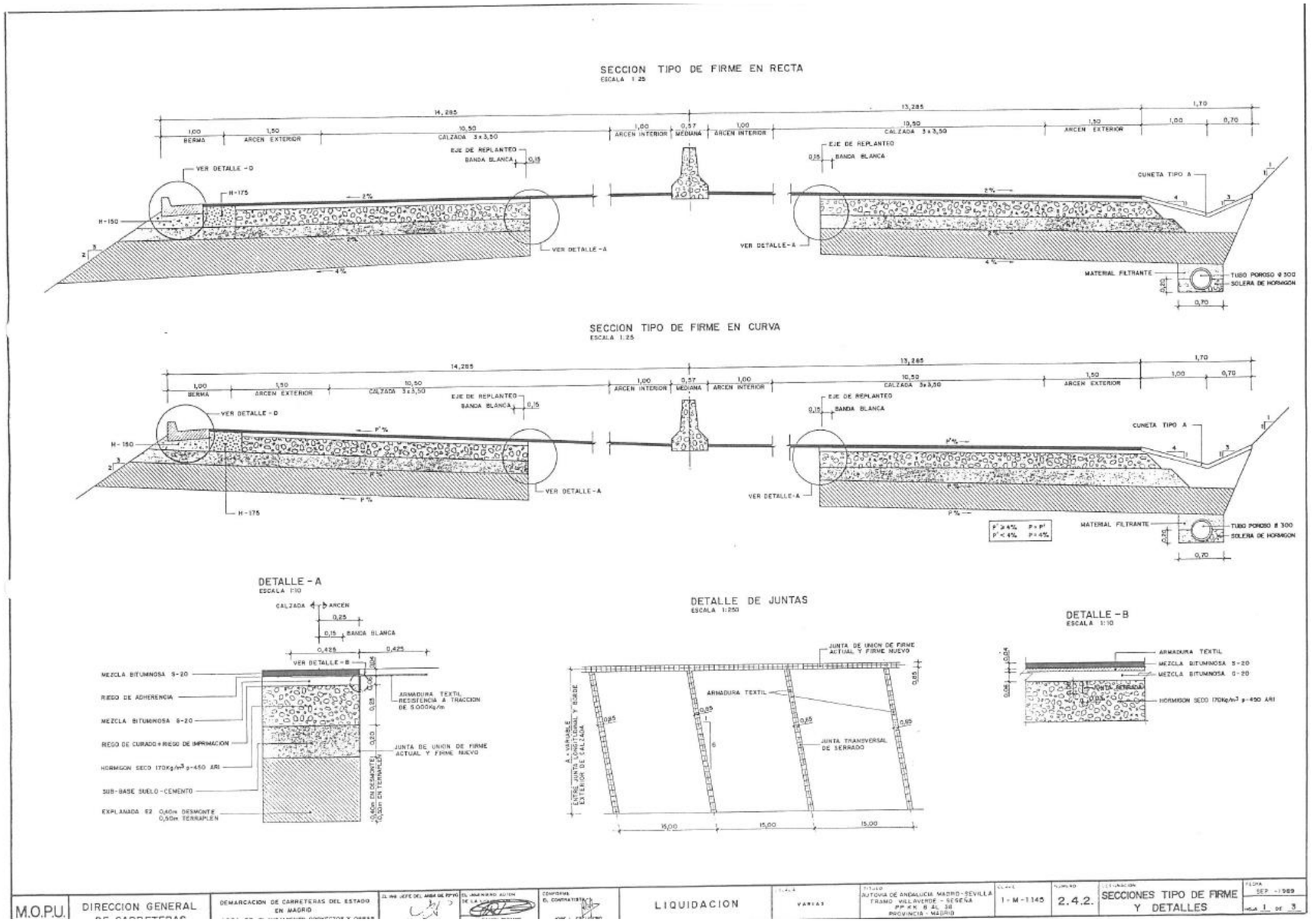
El volumen tan pequeño de áridos provenientes del fresado hacen que no sea rentable.

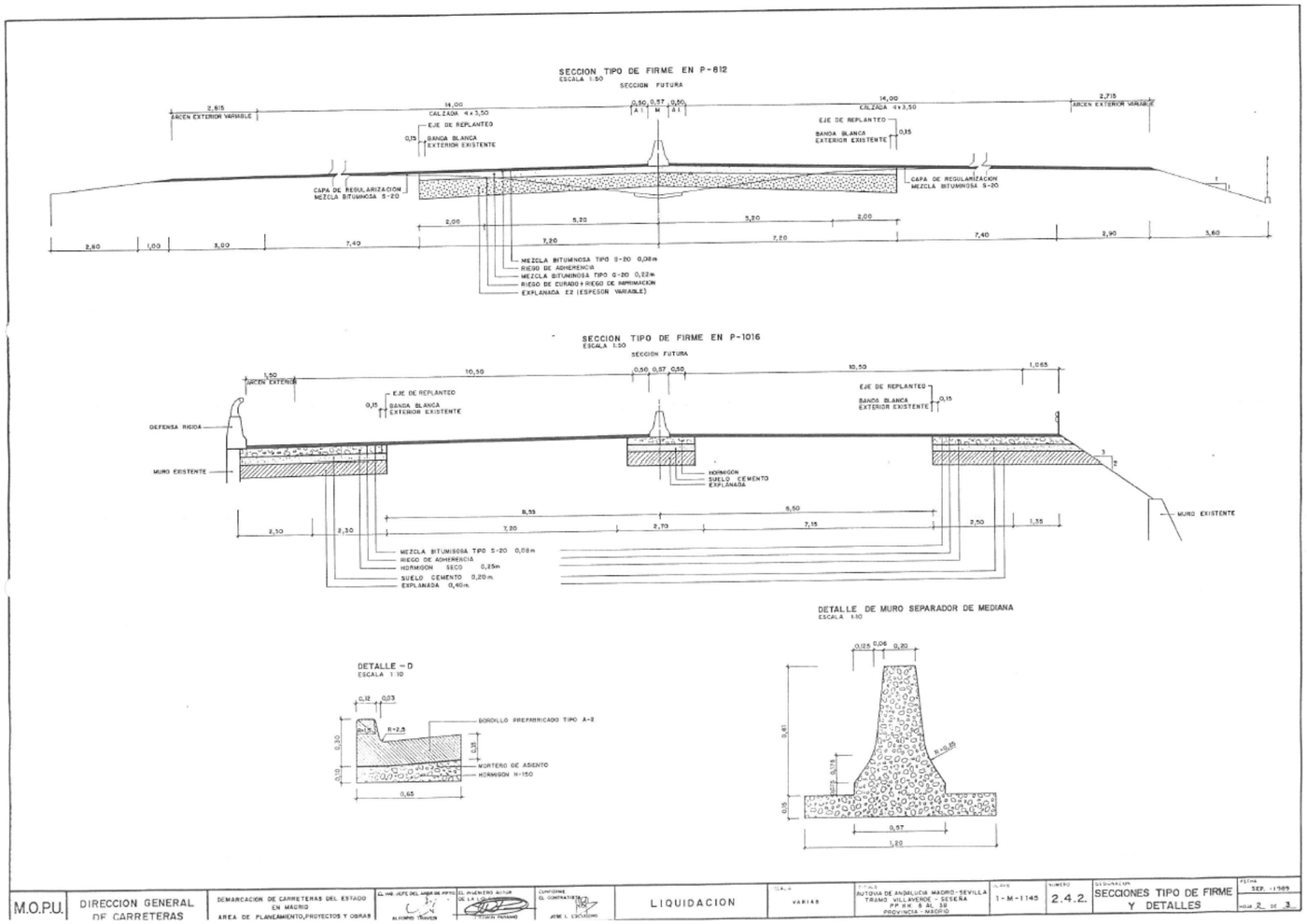
El proyectista decide que por homogeneización del proceso no se empleará reciclado de pavimentos, cuando solo se cuenta con 3.432m³ de la capa de rodadura.

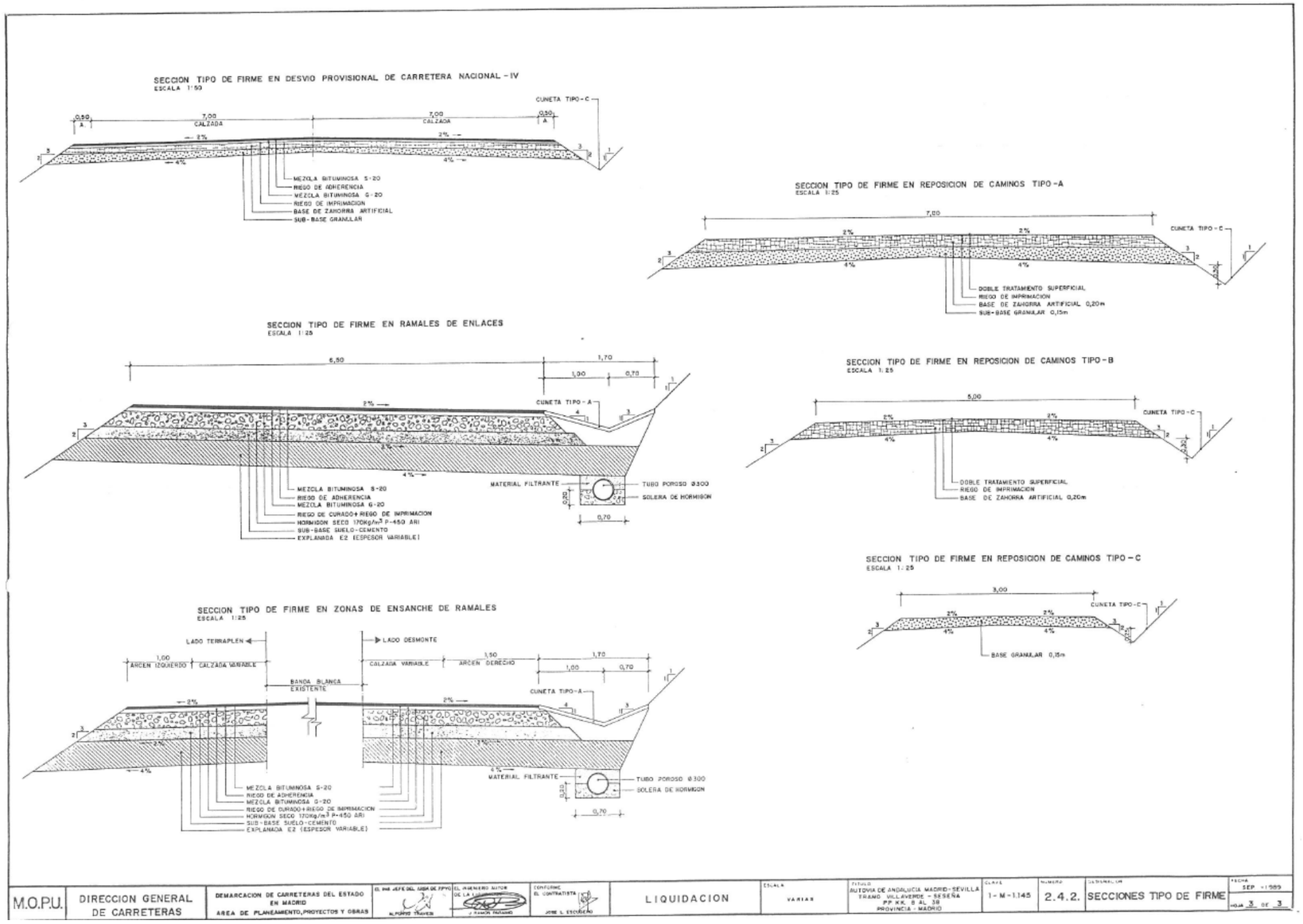
ANEXO 1. DATOS DE PROYECTOS PREVIOS




ENLACE DE GETAFE
MADRID
OCAÑA
REPOSICION CAÑO Ø 500 RAMALES CADIZ-C LOS ANGELES CADIZ-GETAFE
CAÑO (SITUACION ACTUAL)
DESAGÜE DE CUNETA Y DREN Ø 600 ARQUETAS TIPO-A
SALVACUNETAS Ø400
REPOSICION TIPO-B
REPOSICION DE CAMINO TIPO-C
REPOSICION CAÑO Ø 500 RAMAL GETAFE-CADIZ
VIA DE DECELERACION 131m
VIA DE ACELERACION 97m
TRANSICION 131m (DE 0 A 3,5 m)
VIA DE ACELERACION 200m
TRANSICION 107m (DE 0 A 5,0 m)
PROLONGACION CAÑO TIPO C-2 P-1410+23m
SUMIDERO CONTINUO ARQUETAS TIPO A-B
M.O.P.U.
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS
DEMARCACION DE CARRETERAS DEL ESTADO EN MADRID
AREA DE PLANEAMIENTO, PROYECTOS Y OBRAS
LIQUIDACION
TITULO
AUTOVIA DE ANDALUCIA MADRID-SEVILLA
TRAMO VILLAVERDE - SESEÑA
PP.KK. 9 AL 38
PROVINCIA - MADRID
CLAVE
1-M-1.145
NUMERO
2.2
DESIGNACION
PLANTA DE TRAZADO
MOVIMIENTO DE TIERRAS Y DRENAJE
FECHA
SEP - 1989
HOJA 5 DE 21


SECCION TIPO DE FIRME EN RECTA
ESCALA 1:25
14,285
13,285
1,70
1,00 BERMA
1,50 ARCEN EXTERIOR
10,50 CALZADA 3 x 3,50
1,00 ARCEN INTERIOR
0,37 MEDIANA
1,00 ARCEN INTERIOR
10,50 CALZADA 3 x 3,50
1,50 ARCEN EXTERIOR
1,00
0,70
EJE DE REPLANTEO
BANDA BLANCA
0,15
VER DETALLE - D
H-175
H-150
2%
4%
VER DETALLE - A
CUNETA TIPO A
MATERIAL FILTRANTE
TUBO POROSO Ø 300
SOLERA DE HORMIGON
0,70
SECCION TIPO DE FIRME EN CURVA
ESCALA 1:25
P'%
P%
P' ≥ 4% P = P'
P' < 4% P = 4%
DETALLE - A
ESCALA 1:10
CALZADA
ARCEN
0,25
0,15 BANDA BLANCA
0,425
VER DETALLE - B
MEZCLA BITUMINOSA S-20
RIEGO DE ADHERENCIA
MEZCLA BITUMINOSA S-20
RIEGO DE CURADO + RIEGO DE IMPRIMACION
HORMIGON SECO 170Kg/m3 p-450 ARI
SUB-BASE SUELO-CEMENTO
EXPLANADA E2 0,40m DESMONTE 0,50m TERRAPLEN
ARMADURA TEXTIL RESISTENCIA A TRACCION DE 5.000Kg/m
JUNTA DE UNION DE FIRME ACTUAL Y FIRME NUEVO
0,40m EN DESMONTE 0,30m EN TERRAPLEN
DETALLE DE JUNTAS
ESCALA 1:250
JUNTA DE UNION DE FIRME ACTUAL Y FIRME NUEVO
ARMADURA TEXTIL
JUNTA TRANSVERSAL DE SERRADO
ENTRE JUNTA LONGITUDINAL Y BORDE EXTERIOR DE CALZADA
15,00
DETALLE - B
ESCALA 1:10
ARMADURA TEXTIL
MEZCLA BITUMINOSA S-20
MEZCLA BITUMINOSA G-20
JUNTA SERRADA
HORMIGON SECO 170Kg/m3 p-450 ARI
M.O.P.U.
DIRECCION GENERAL
DEMARCACION DE CARRETERAS DEL ESTADO EN MADRID
LIQUIDACION
VARIAS
AUTOVIA DE ANDALUCIA. MADRID-SEVILLA
TRAMO: VILLAVERDE - SESEÑA
PP.KK. 8 AL 38
PROVINCIA - MADRID
1-M-1145
2.4.2.
SECCIONES TIPO DE FIRME Y DETALLES
SEP -1989
HOJA 1 DE 3


SECCION TIPO DE FIRME EN P-812
ESCALA 1:50
SECCION FUTURA
CALZADA 4x3,50
ARCEN EXTERIOR VARIABLE
EJE DE REPLANTEO
BANDA BLANCA EXTERIOR EXISTENTE
CAPA DE REGULARIZACION MEZCLA BITUMINOSA S-20
MEZCLA BITUMINOSA TIPO S-20 0,08m
RIEGO DE ADHERENCIA
MEZCLA BITUMINOSA TIPO G-20 0,22m
RIEGO DE CURADO + RIEGO DE IMPRIMACION
EXPLANADA E2 (ESPESOR VARIABLE)
SECCION TIPO DE FIRME EN P-1016
ESCALA 1:50
SECCION FUTURA
ARCEN EXTERIOR
DEFENSA RIGIDA
MURO EXISTENTE
HORMIGON
SUELO CEMENTO
EXPLANADA
MEZCLA BITUMINOSA TIPO S-20 0,08m
RIEGO DE ADHERENCIA
HORMIGON SECO 0,25m
SUELO CEMENTO 0,20m
EXPLANADA 0,40m
DETALLE - D
ESCALA 1:10
BORDILLO PREFABRICADO TIPO A-2
MORTERO DE ASIENTO
HORMIGON H-150
DETALLE DE MURO SEPARADOR DE MEDIANA
ESCALA 1:10
M.O.P.U.
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS
DEMARCACION DE CARRETERAS DEL ESTADO EN MADRID
AREA DE PLANEAMIENTO, PROYECTOS Y OBRAS
LIQUIDACION
VARIAS
AUTOVIA DE ANDALUCIA MADRID-SEVILLA
TRAMO VILLAVERDE - SESEÑA
PP.KK. 8 AL 38
PROVINCIA - MADRID
1-M-1145
2.4.2.
SECCIONES TIPO DE FIRME Y DETALLES
SEP. -1989
HOJA 2 DE 3


SECCION TIPO DE FIRME EN DESVIO PROVISIONAL DE CARRETERA NACIONAL - IV
ESCALA 1:50
CUNETA TIPO-C
0,50 A
7,00 CALZADA
7,00 CALZADA
0,50 A
2%
4%
MEZCLA BITUMINOSA S-20
RIEGO DE ADHERENCIA
MEZCLA BITUMINOSA G-20
RIEGO DE IMPRIMACION
BASE DE ZAHORRA ARTIFICIAL
SUB-BASE GRANULAR
SECCION TIPO DE FIRME EN REPOSICION DE CAMINOS TIPO-A
ESCALA 1:25
7,00
2%
4%
CUNETA TIPO-C
DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL
RIEGO DE IMPRIMACION
BASE DE ZAHORRA ARTIFICIAL 0,20m
SUB-BASE GRANULAR 0,15m
SECCION TIPO DE FIRME EN RAMALES DE ENLACES
ESCALA 1:25
6,50
1,70
1,00
0,70
CUNETA TIPO-A
2%
4%
MEZCLA BITUMINOSA S-20
RIEGO DE ADHERENCIA
MEZCLA BITUMINOSA G-20
RIEGO DE CURADO+RIEGO DE IMPRIMACION
HORMIGON SECO 170Kg/m³ P-450 ARI
SUB-BASE SUELO-CEMENTO
EXPLANADA E2 (ESPESOR VARIABLE)
MATERIAL FILTRANTE
TUBO POROSO Ø300
SOLERA DE HORMIGON
0,30
0,70
SECCION TIPO DE FIRME EN REPOSICION DE CAMINOS TIPO-B
ESCALA 1:25
5,00
2%
4%
CUNETA TIPO-C
DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL
RIEGO DE IMPRIMACION
BASE DE ZAHORRA ARTIFICIAL 0,20m
SECCION TIPO DE FIRME EN REPOSICION DE CAMINOS TIPO-C
ESCALA 1:25
3,00
2%
4%
CUNETA TIPO-C
BASE GRANULAR 0,15m
SECCION TIPO DE FIRME EN ZONAS DE ENSANCHE DE RAMALES
ESCALA 1:25
LADO TERRAPLEN
LADO DESMONTE
1,00
ARCEN IZQUIERDO
CALZADA VARIABLE
BANDA BLANCA EXISTENTE
CALZADA VARIABLE
1,50
ARCEN DERECHO
1,70
1,00
0,70
CUNETA TIPO-A
2%
4%
MEZCLA BITUMINOSA S-20
RIEGO DE ADHERENCIA
MEZCLA BITUMINOSA G-20
RIEGO DE CURADO+RIEGO DE IMPRIMACION
HORMIGON SECO 170Kg/m³ P-450 ARI
SUB-BASE SUELO-CEMENTO
EXPLANADA E2 (ESPESOR VARIABLE)
MATERIAL FILTRANTE
TUBO POROSO Ø300
SOLERA DE HORMIGON
0,30
0,70
M.O.P.U.
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS
DEMARCACION DE CARRETERAS DEL ESTADO EN MADRID
AREA DE PLANEAMIENTO, PROYECTOS Y OBRAS
EL JEFE DEL AREA DE PPYO
ALFONSO TRAVESI
EL INGENIERO AUTOR DE LA
J. RAMON PATIÑO
CONFORME EL CONTRATISTA
JOSE L. ESCUDERO
LIQUIDACION
ESCALA
VARIAS
TITULO
AUTOVIA DE ANDALUCIA MADRID-SEVILLA
TRAMO VILLAVERDE - SESEÑA
PP KK. 8 AL 38
PROVINCIA - MADRID
CLAVE
1-M-1.145
NUMERO
2.4.2.
DESIGNACION
SECCIONES TIPO DE FIRME
FECHA
SEP 1989
HOJA 3 DE 3

De la Ficha Técnica del Documento Complementario al proyecto de Trazado "Autovía de Sur A-4. Tramo: Madrid-Sseña. Plataformas reservadas para el transporte público y vias de servicio" 49-M-12360, en cuanto afirmes , se especifica:

SUBTRAMO: PINTO - VALDEMORO				
1	**Rellenos longitudinal traza:**	163.954,10	2.736,31	448.629.778,93
2	**Rellenos fuera de la traza:**			
2.1	Material procedente de PA-6:	163.954,10	13.000,00	2.131.403.300,00
			15.736,31	

SUBTRAMO: VALDEMORO - SESEÑA				
1	**Rellenos longitudinal traza:**	77.841,08	2.416,81	188.126.891,80
2	**Rellenos fuera de la traza:**			
2.1	Material procedente de PA-6:	77.841,08	9.700,00	755.058.476,00
			12.116,81	

2.10 FIRMES Y PAVIMENTOS

Como datos básicos de partida para el dimensionamiento del firme se han considerado las conclusiones que, sobre el tráfico, explanada y materiales, se exponen en el anejo nº3 "Geología y Estudio de Materiales", el anejo nº6 "Estudio de Tráfico" y el anejo nº7 "Geotecnia del Corredor".

Se diseñan los paquetes de firme para categorías de tráfico pesado T00, T0, T1, T2, T31 y T32. Para las categorías de tráfico de mayor entidad T00 a T2, ambas incluidas, se dispondrá una explanada tipo E3, mientras que para las categorías de tráfico pesado T31 y T32 se opta por una explanada tipo E2.

En el estudio económico de las secciones de firme incluido en el proyecto de trazado (Enero de 2007) se concluía que las secciones de firme semirrígidas (Suelocemento) implicaban un menor coste, habiendo sido considerados los costes de (i) construcción y de (ii) conservación y rehabilitación. Se proyectan por tanto en el presente documento complementario secciones de firme semirrígidas, firme constituido por un pavimento bituminoso sobre una capa tratada con conglomerante hidráulico, siendo el espesor conjunto de las mismas superior a 20 cm.

Por tanto, atendiendo a la (i) categoría de tráfico, (ii) la explanada a utilizar y (iii) la tipología de firme seleccionada, los paquetes de firme proyectados son los siguientes:

- Sección 0032: 25 cm de Mezclas Bituminosas + 30 cm de Suelocemento.
- Sección 032: 20 cm de Mezclas Bituminosas + 25 cm de Suelocemento.
- Sección 132: 20 cm de Mezclas Bituminosas + 20 cm de Suelocemento.
- Sección 232: 15 cm de Mezclas Bituminosas + 20 cm de Suelocemento.
- Sección 3122: 12 cm de Mezclas Bituminosas + 30 cm de Suelocemento.
- Sección 3222: 10 cm de Mezclas Bituminosas + 30 cm de Suelocemento.

A continuación se definen con mayor grado de detalle (espesor, descripción y distribución de las capas así como los diferentes tipos de riego) cada una de las secciones anteriormente descritas:

SECCIÓN DE FIRME 0032				
CAPAS	**CALZADA + ARCÉN ≤ 1,00 m**		**ARCÉN > 1,25 m**	
	Espesor	**Descripción**	**Espesor**	**Descripción**
Rodadura	3 cm	BBTM11B	3 cm	BBTM11B
Riego	Adherencia ECR-1-M		Adherencia ECR-1-M	
Intermedia	7 cm	AC22 bin S	7 cm	AC22 bin S
Riego	Adherencia ECR-1		Adherencia ECR-1 + Curado ECR-1	
Base 1	7 cm	AC32 base G	20 cm	Suelocemento
Riego	Adherencia ECR-1			
Base 2	8 cm	AC32 base G		
Riego	Adherencia ECR-1 + Curado ECR-1		Imprimación ECI	
	30 cm	Suelocemento	25 cm	Zahorra Artificial
Riego	Curado ECR-1		Curado ECR-1	

Po

SECCIÓN DE FIRME 032				
CAPAS	CALZADA + ARCÉN ≤ 1,00 m		ARCÉN >1,25 m	
	Espesor	Descripción	Espesor	Descripción
Rodadura	3 cm	BBTM11B	3 cm	BBTM11B
Riego	Adherencia ECR-1-M		Adherencia ECR-1-M	
Intermedia	7 cm	AC22 bin S	7 cm	AC22 bin S
Riego	Adherencia ECR-1		Adherencia ECR-1 + Curado ECR-1	
Base	10 cm	AC32 base G	20 cm	Suelocemento
Riego	Adherencia ECR-1			
Riego	Adherencia ECR-1 + Curado ECR-1		Imprimación ECI	
	25 cm	Suelocemento	15 cm	Zahorra Artificial
Riego	Curado ECR-1		Curado ECR-1	

SECCIÓN DE FIRME 132				
CAPAS	CALZADA + ARCÉN ≤ 1,00 m		ARCÉN >1,25 m	
	Espesor	Descripción	Espesor	Descripción
Rodadura	3 cm	BBTM11B	3 cm	BBTM11B
Riego	Adherencia ECR-1-M		Adherencia ECR-1-M	
Intermedia	7 cm	AC22 bin S	7 cm	AC22 bin S
Riego	Adherencia ECR-1		Adherencia ECR-1 + Curado ECR-1	
Base	10 cm	AC32 base G	30 cm	Suelocemento
Riego	Adherencia ECR-1			
Riego	Adherencia ECR-1 + Curado ECR-1			
	20 cm	Suelocemento		
Riego	Curado ECR-1		Curado ECR-1	

SECCIÓN DE FIRME 232				
CAPAS	CALZADA + ARCÉN ≤ 1,00 m		ARCÉN >1,25 m	
	Espesor	Descripción	Espesor	Descripción
Rodadura	5 cm	AC16 surf S	5 cm	AC16 surf S
Riego	Adherencia ECR-1-M		Adherencia ECR-1 + Curado ECR-1	
Intermedia	10 cm	AC22 bin S	30 cm	Suelocemento
Riego	Adherencia ECR-1 + Curado ECR-1			
	20 cm	Suelocemento		
Riego	Curado ECR-1		Curado ECR-1	

SECCIÓN DE FIRME 3122				
CAPAS	CALZADA + ARCÉN ≤ 1,00 m		ARCÉN >1,25 m	
	Espesor	Descripción	Espesor	Descripción
Rodadura	5 cm	AC16 surf S	5 cm	AC16 surf S
Riego	Adherencia ECR-1-M		Adherencia ECR-1 + Curado ECR-1	
Intermedia	7 cm	AC22 bin S	20 cm	Suelocemento
Riego	Adherencia ECR-1 + Curado ECR-1			
	30 cm	Suelocemento	Imprimación ECI	
			17 cm	Zahorra Artificial
Riego	Curado ECR-1		Curado ECR-1	

SECCIÓN DE FIRME 3222				
CAPAS	CALZADA + ARCÉN ≤ 1,00 m		ARCÉN >1,25 m	
	Espesor	Descripción	Espesor	Descripción
Rodadura	5 cm	AC16 surf S	5 cm	AC16 surf S
Riego	Adherencia ECR-1-M		Adherencia ECR-1 + Curado ECR-1	
Intermedia	5 cm	AC22 bin S	20 cm	Suelocemento
Riego	Adherencia ECR-1 + Curado ECR-1			
	30 cm	Suelocemento	Imprimación ECI	
			15 cm	Zahorra Artificial
Riego	Curado ECR-1		Curado ECR-1	

Las secciones adoptadas en el firme de los caminos se realizan conforme a la Orden Ministerial de 16 de diciembre de 1997 sobre "Accesos a las Carreteras del Estado, Vías de Servicio y Construcción de Instalaciones de Servicios".

En el camino interno de las instalaciones de la Guardia Civil en Valdemoro se adopta una sección constituida por 30 cm de zahorra artificial sobre 30 cm de suelo adecuado. Sobre la capa superior se ejecuta un doble tratamiento superficial.

En los caminos agrícolas se adopta una sección constituida por 30 cm de zahorra artificial sobre 30 cm de suelo adecuado.

La sección de firme a disponer sobre los tableros de estructuras es la siguiente:

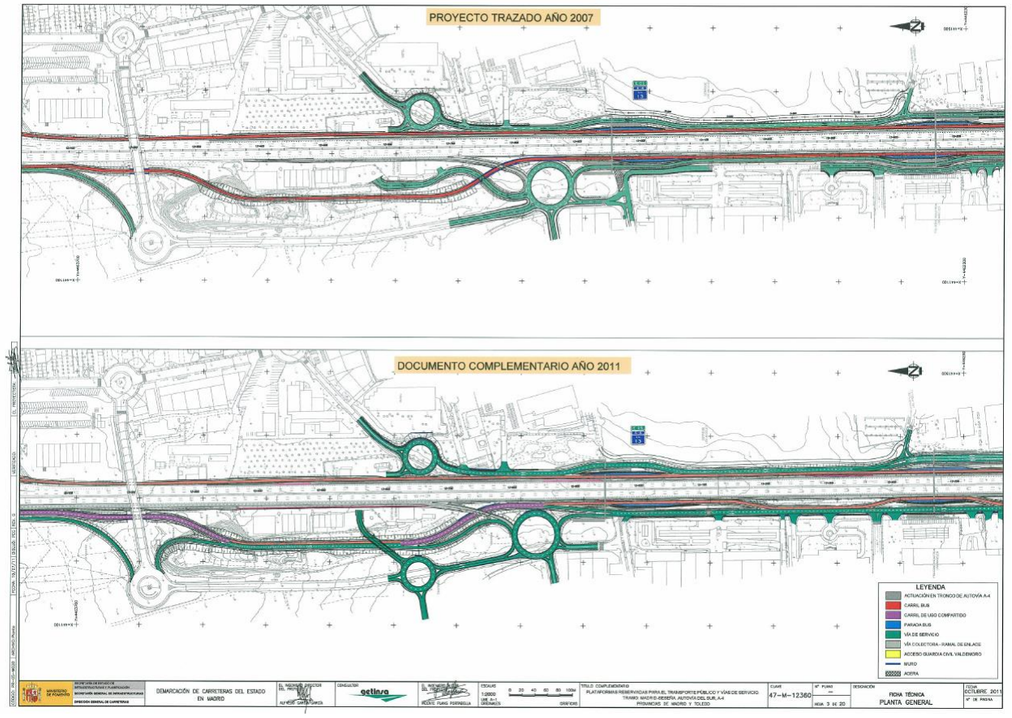
1) Rodadura: 3 cm de espesor de M.B.C., tipo BBTM11B.

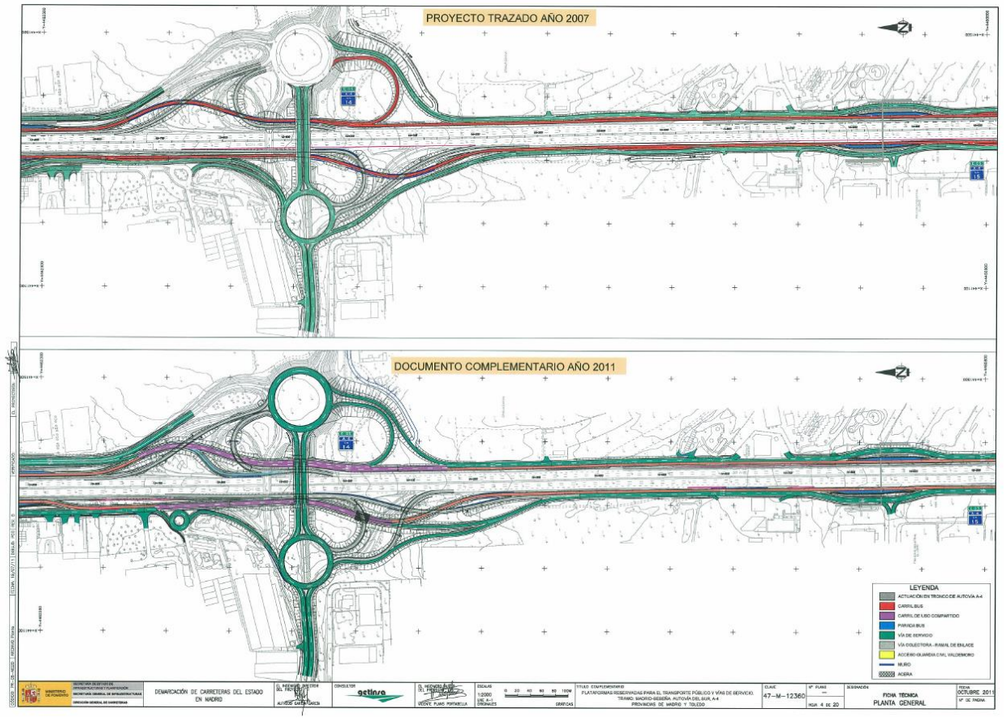
2) Riego de adherencia tipo ECR1-M.

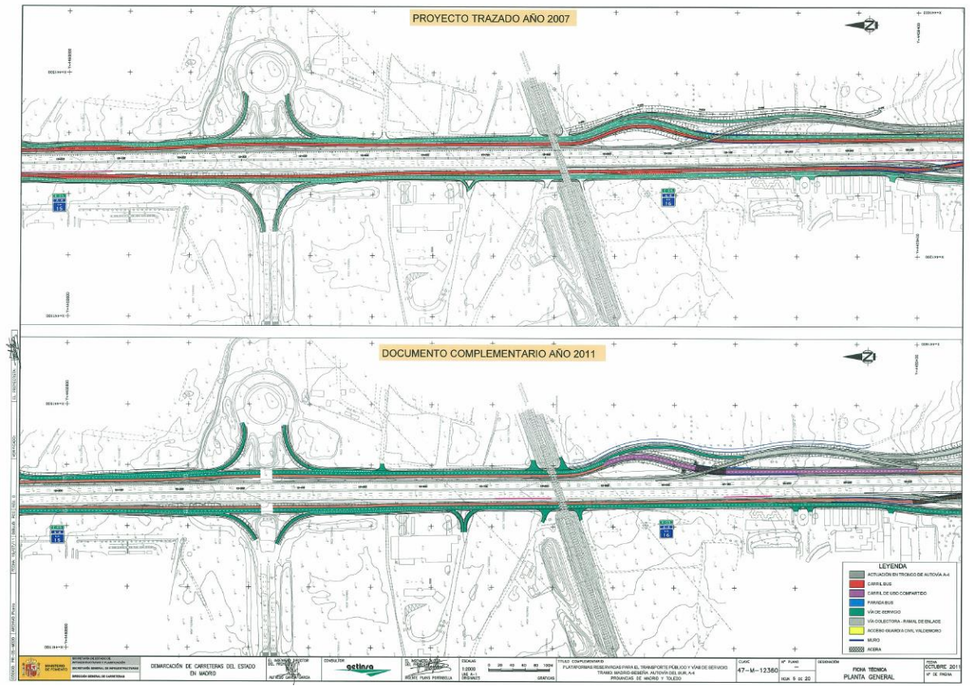
3) Intermedia: 5 cm de espesor de M.B.C., tipo AC22 bin S.

4) Riego de imprimación sobre mástico impermeabilizante.

3) La correspondencia entre las diferentes tipologías de vía y su sección de firme asociada quedan detalladas en el anejo nº10 "Estudio de Firmes y Pavimentos", epígrafe *4. TIPOLOGÍAS DE VÍAS Y SECCIONES DE FIRME ASOCIADAS.*



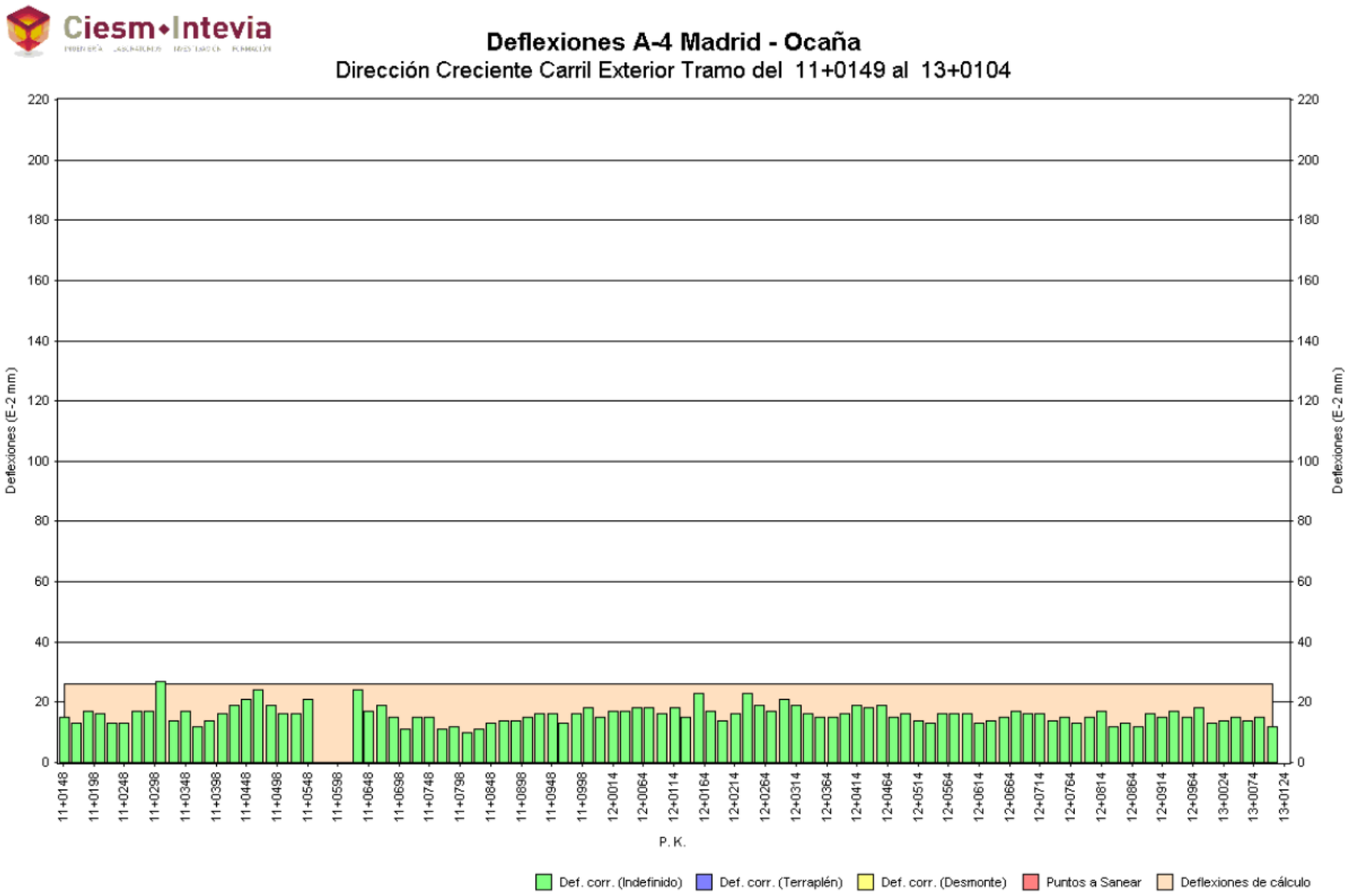




En el proyecto no se facilita el anejo de geotecnia, pero si se facilita el de pavimentos que se adjunta en la adenda 1 al anejo.

ANEXO 2. ACTUACIONES DE LA CONCESIONARIA EN EL TRAMO

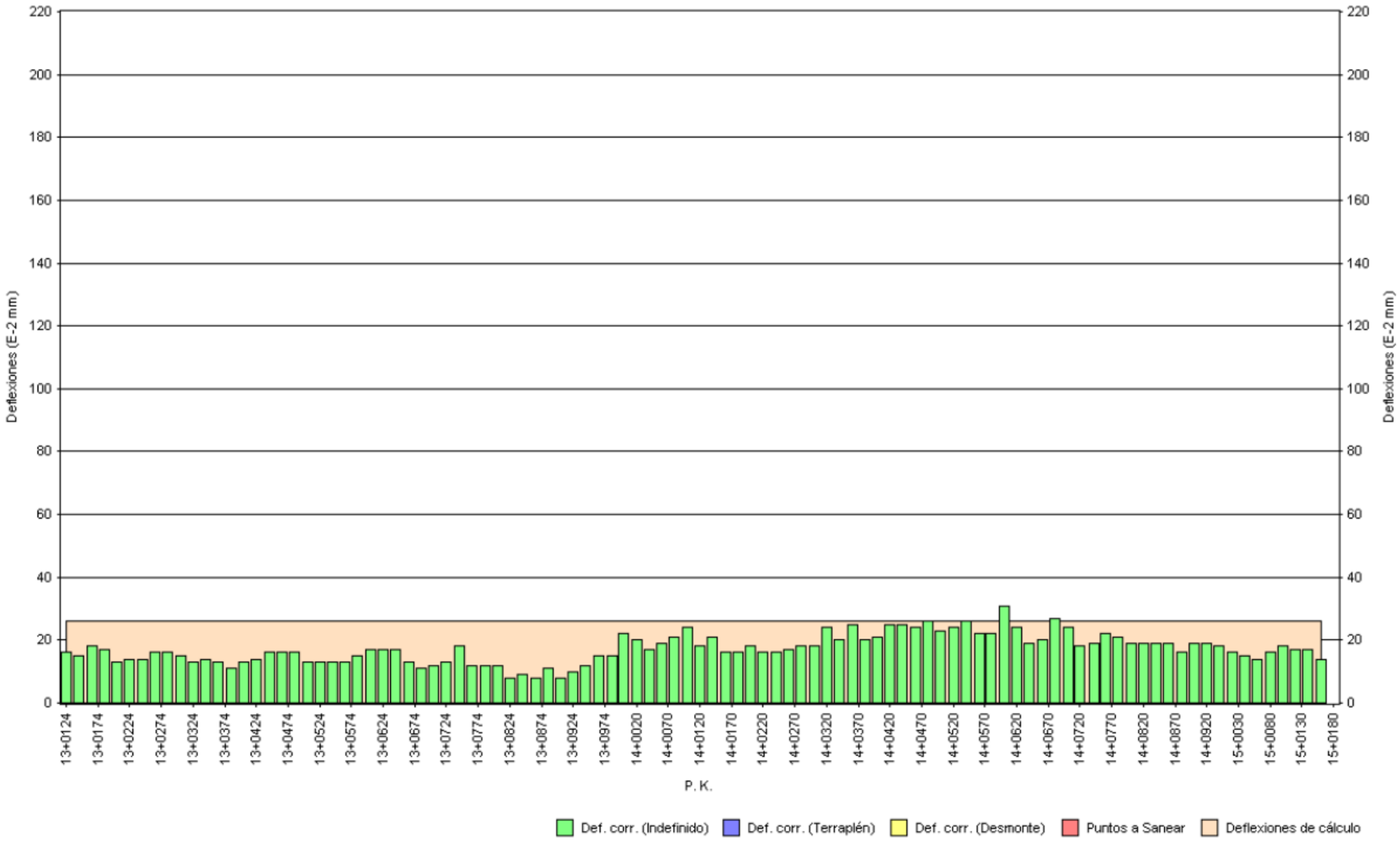
FIRME INICIAL											PENÚLTIMA ACTUACIÓN																				
IDENTIFICACION DEL TRAMO														RECICLADO					CAPA BASE BITUMINOSA				CAPA INTERMEDIA				CAPA DE RODADURA					
Provincia	Unidad	Nombre de la Concesionaria	Vía	Calzada	Carril	PK inicial	PK final	Calzada(M)	Arcén derecho(cm)	Arcén izquierdo(cm)	Fecha Actuación	Tipo de actuación	Profundidad de Fresado(cm)	Técnica reciclado	Afección del reciclado	Ligante	% Mat. Reutilizado	Espesor capa reciclada	Tipo de Mezcla	Ligante	Tipo de mezcla denominación anterior	Espesor capa(cm)	Tipo de Mezcla	Ligante	Tipo de mezcla denominación anterior	Espesor capa(cm)	Tipo Material	Tipo de Mezcla	Árido	Ligante	Tipo de mezcla denominación anterior	Espesor capa(cm)
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	2	1	18,68	18,03	10,5																								
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	1		11,935	12	14			01/07/2010	SUPERFICIAL	0														BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	1		12	14,609	10,5			01/07/2010	SUPERFICIAL	0														BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	1		14,609	15,164	10,5			01/07/2010	ESTRUCTURAL	0										AC 22 bin S	50/70 = B60/70	S20	5	BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	1		15,164	15,466	10,5			01/07/2010	ESTRUCTURAL	0										AC 22 bin S	50/70 = B60/70	S20	7	BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	1		15,466	16,114	10,5			01/07/2010	ESTRUCTURAL	0										AC 22 bin S	50/70 = B60/70	S20	9	BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	1		16,114	17,518	10,5			01/07/2010	ESTRUCTURAL	0										AC 22 bin S	50/70 = B60/70	S20	7	BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	2		11,523	11,3	7			01/07/2010	ESTRUCTURAL	0										AC 22 bin S	50/70 = B60/70	S20	5	BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	2		11,851	11,523	7			01/07/2010	ESTRUCTURAL	0										AC 22 bin S	50/70 = B60/70	S20	9	BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	2		12	11,851	7			01/07/2010	SUPERFICIAL	0														BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	2		12,082	12	10,5			01/07/2010	SUPERFICIAL	0														BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	2		13,178	12,082	14			01/07/2010	SUPERFICIAL	0														BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	2		15,59	13,178	10,5			01/07/2010	SUPERFICIAL	0														BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	2		15,839	15,59	10,5			01/07/2010	ESTRUCTURAL	0										AC 22 bin S	50/70 = B60/70	S20	5	BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	2		16,649	15,839	10,5			01/07/2010	ESTRUCTURAL	0										AC 22 bin S	50/70 = B60/70	S20	7	BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	2		17,076	16,649	10,5			01/07/2010	ESTRUCTURAL	0										AC 22 bin S	50/70 = B60/70	S20	9	BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	2		17,526	17,076	10,5			01/07/2010	ESTRUCTURAL	0										AC 22 bin S	50/70 = B60/70	S20		BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	2		17,638	17,526	10,5			01/07/2010	ESTRUCTURAL	0										AC 22 bin S	50/70 = B60/70	S20	9	BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3
MADRID	MADRID	A-4 T-1	A-4	2		18,028	17,638	14			01/07/2010	ESTRUCTURAL	0										AC 22 bin S	50/70 = B60/70	S20	9	BBTM	BBTM 11 B	Otros	PMB 45/80-65 = BM-3c	M10	3


Ciesm•Intevia
Deflexiones A-4 Madrid - Ocaña
Dirección Creciente Carril Exterior Tramo del 11+0149 al 13+0104
Deflexiones (E-2 mm)
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
11+0148
11+0198
11+0248
11+0298
11+0348
11+0398
11+0448
11+0498
11+0548
11+0598
11+0648
11+0698
11+0748
11+0798
11+0848
11+0898
11+0948
11+0998
12+0014
12+0064
12+0114
12+0164
12+0214
12+0264
12+0314
12+0364
12+0414
12+0464
12+0514
12+0564
12+0614
12+0664
12+0714
12+0764
12+0814
12+0864
12+0914
12+0964
13+0024
13+0074
13+0124
P. K.
Def. corr. (Indefinido)
Def. corr. (Terraplén)
Def. corr. (Desmonte)
Puntos a Sanear
Deflexiones de cálculo

Ciesm•Intevia

Deflexiones A-4 Madrid - Ocaña

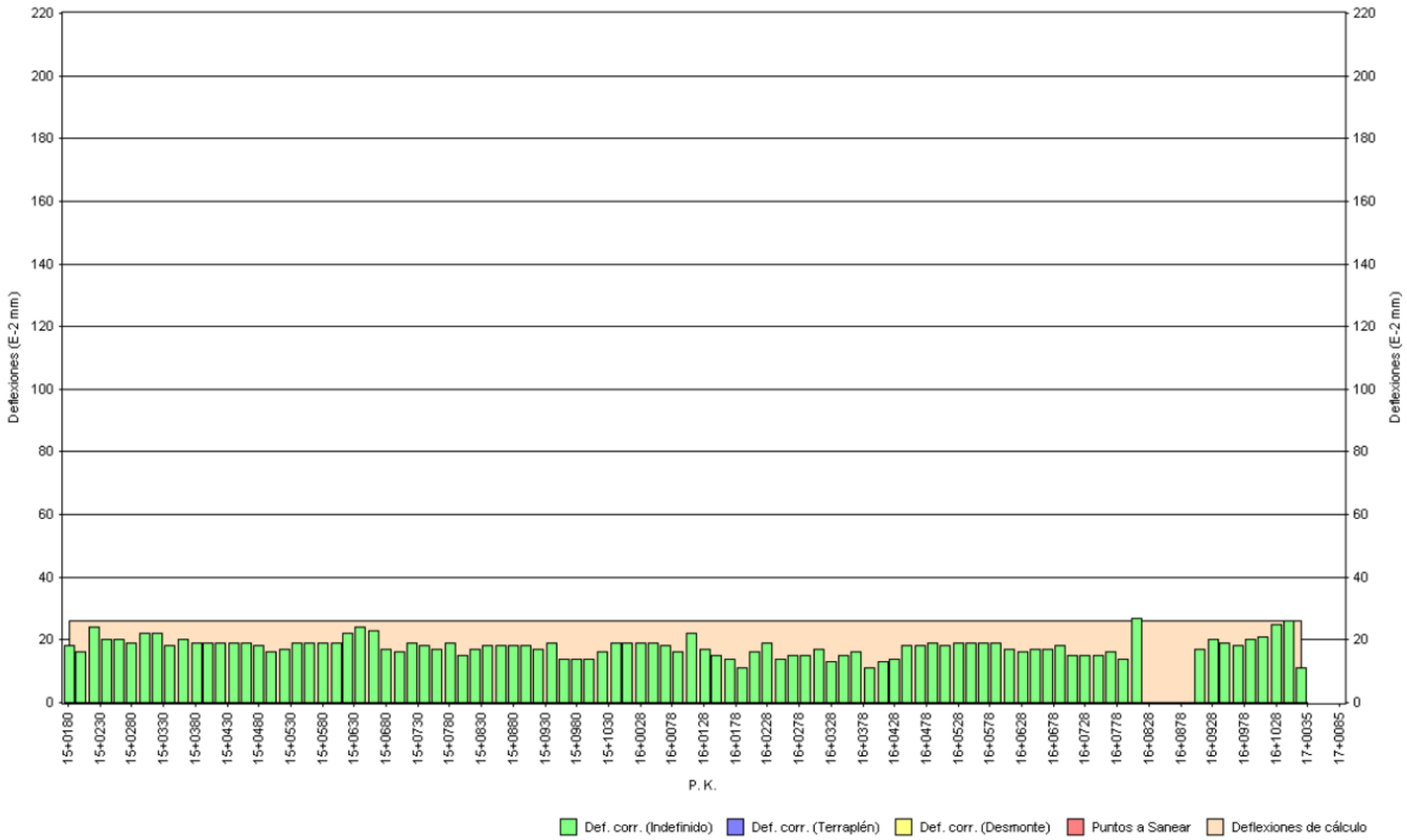
Dirección Creciente Carril Exterior Tramo del 13+0124 al 15+0160



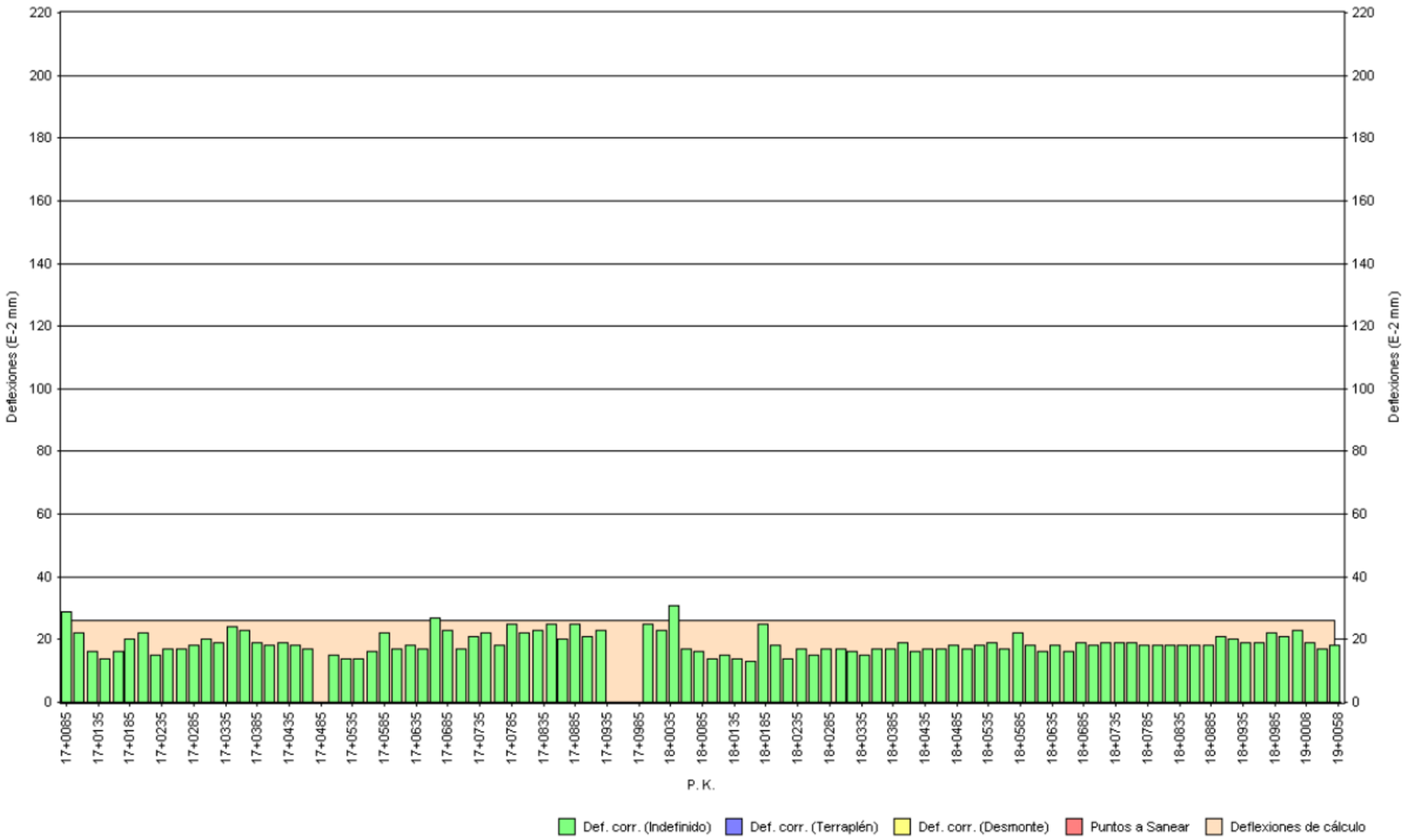
Ciesm+Intevia

Deflexiones A-4 Madrid - Ocaña

Dirección Creciente Carril Exterior Tramo del 15+0181 al 17+0025



Ciesm•Intevia

Deflexiones A-4 Madrid - Ocaña

Dirección Creciente Carril Exterior Tramo del 17+0085 al 19+0053