

ANEJO Nº 17 FIRMES Y PAVIMENTOS

ÍNDICE

ANEJO Nº 17. FIRMES Y PAVIMENTOS.

ANEJO Nº 17 FIRMES Y PAVIMENTOS	1
17.1. DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME.	5
17.1.1. CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO.	5
17.1.2. EXPLANADA.....	5
17.1.3. SECCIONES DE FIRME.....	6

17.1.DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME.

17.1.1. CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO.

El tráfico de vehículos pesados es una de las dos variables que intervienen para decidir el tipo de firme según la norma de firme 6.1-IC. Esta norma divide el tráfico pesado en diferentes categorías según el número de vehículos lentos por día en el carril de proyecto en el año de puesta en servicio. Estas categorías se detallan en la siguiente tabla:

	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO.							
	T00	T0	T1	T2	T31	T32	T41	T42
IMDp	≥ 4.000	<4.000	<2.000	<800	<200	<100	<50	<25.
en año puesta en servicio (Veh. pesados/día/carril)		≥2.000	≥800	≥200	≥100	≥50	≥25	

Según el apartado 11.1.2 del Anejo 11 Estudio de Tráfico, el dato de IMDp para el año de puesta en servicio (2023), la categoría de tráfico de diseño del tronco es una **T31**.

Para el diseño del firme en sección de aparcamientos, así como para el vial denominado eje 4 de acceso exclusivo a las instalaciones deportivas, se ha estimado que la circulación de vehículos pesados por las mismas será prácticamente residual, considerando una categoría de tráfico, a efectos de dimensionamiento de firmes, de **T41**.

17.1.2. EXPLANADA.

Una vez estudiada la categoría de explanada en función del módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga y teniendo en cuenta el apartado nº5 Explanada de la Instrucción 6.1-IC de Secciones de Firmes. (O.C. 10/2002), se ha establecido una categoría de explanada E2 ($E_{v2} \geq 120$ MPa), siendo varias las posibilidades para formar una explanada tipo E2 función del tipo de suelo de la explanación o de la obra de tierra subyacente (en nuestro caso consideraremos tolerable):

TIPO DE SUELO.	CATEGORÍA DE EXPLANADA.
	E2
Tolerable	Se constituye una explanada E2 mediante la ejecución de un paquete de 75 cm de suelo seleccionado tipo 2 ^(*) ^(**) ($CBR \geq 10$) sobre suelo tolerable subyacente.
Tolerable	Se constituye una explanada E2 mediante la ejecución de un paquete formado por una capa de 50 cm de suelo adecuado sobre suelo tolerable subyacente, y una capa de 40 cm de suelo seleccionado tipo 2 ^(*) ^(**) ($CBR \geq 10$) sobre capa de suelo adecuado.
Tolerable	Se constituye una explanada E2 mediante la ejecución de un paquete formado por una capa de 25 cm de suelo estabilizado tipo 1 (S-EST 1) sobre suelo tolerable subyacente, y una capa de 25 cm de suelo seleccionado tipo 3 ^(*) ($CBR \geq 20$) sobre la capa de suelo estabilizado.
Tolerable	Se constituye una explanada E2 mediante la ejecución de un paquete formado por una capa de 25 cm de suelo estabilizado tipo 1 (S-EST 1) sobre suelo tolerable subyacente, y una capa de 25 cm de suelo estabilizado tipo 2 (S-EST 2) sobre capa de S-EST 1.

(*) El CBR se determinará de acuerdo con las condiciones especificadas de puesta en obra, y su valor se empleará exclusivamente para la aceptación o rechazo de los materiales utilizables en las diferentes capas, de acuerdo con la figura 1.

(**) En la capa superior de las empleadas para la formación de la explanada, el suelo adecuado definido como tipo 1 deberá tener, en las condiciones de puesta en obra, un $CBR \geq 6$ y el suelo seleccionado definido como tipo 2 un $CBR \geq 12$. asimismo, se exigirán esos valores mínimos de CBR cuando, respectivamente, se forme una explanada de categoría e1 sobre suelos tipo 1, o una explanada e2 sobre suelos tipo 2.

		TIPOS DE SUELOS DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTES) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES O RELLENOS TODO-UNO)				
		SUELOS INADECUADOS O MARGINALES (IN)	SUELOS TOLERABLES (0)	SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3)	ROCA (R)
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1 E ₀₂ ≥ 60MPa					
	E2 E ₀₂ ≥ 120MPa					
	E3 E ₀₂ ≥ 300MPa					

IN Suelo inadecuado o marginal (Art. 330 del PG-3) 0 Suelo tolerable (Art. 330 del PG-3) 1 Suelo adecuado (Art. 330 del PG-3) 2 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3) 3 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3)

S-EST 1 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3) S-EST 2 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3) S-EST 3 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3) HM-20 Hormigón espesor mínimo: 15 cm (Art. 610 del PG-3)

tipo de material espesor mínimo en cm suelo de explanación o de la obra de tierra subyacente

17.1.3. SECCIONES DE FIRME.

17.1.3.1. ESTUDIO DE LAS SECCIONES DE FIRME.

17.1.3.1.1. TRONCO (EJE 1, 2 Y 3)

La Instrucción 6.1-IC de Secciones de Firmes. (O.C. 10/2002) en el punto 6.1 Catálogo de Secciones de Firmes define las distintas secciones de firme posible en función de la categoría de tráfico y explanada.

Para el vial objeto de proyecto, el cual se ejecuta mediante cajeo completo de la sección, tenemos una categoría de tráfico T31 y explanada E2. Despreciando las secciones de hormigón podemos optar entre las siguientes secciones de firme:

- Sección 3121: 16 cm MBC + 40 cm ZA.
- Sección 3122: 12 cm MBC + 30 cm de suelocemento.

Teniendo en cuenta que las secciones 3122 implica tratamiento del suelo con cemento, lo que supondría rigideces muy diferentes entre las calzadas existentes y las nuevas y que constructivamente resultan menos convenientes, se ha optado, de acuerdo con la Dirección de Proyecto, por la sección 3121, consistente en 16 cm de mbc sobre 40 cm de zahorra.

La sección 3121 considera 40 cm. de zahorra artificial y 16 cm. de mbc, que es la que se ha dispuesto para el tramo descrito.

- 16 cm de MBC compuesto por:
 - 4 cm AC16 Surf B50/70 S.
 - 5 cm AC22 Bin B50/70 S.
 - 7 cm AC32 Base B50/70 G.
- 40 cm de zahorra artificial.
- Explanada E2

Dicha sección tipo, será de aplicación a la sección de calzada sin aparcamientos del tronco proyectado (Eje 1) y abanicos de conexión con la BA-20 (Eje 2 y 3).

Los deterioros superficiales y estructurales que presenta la plataforma actual del vial, hacen que no sea aprovechable la misma, cajeándose lo necesario para albergar la nueva sección proyectada, a

Según lo anterior y teniendo en cuenta que todo el material para la formación de la explanada será de aportación, evitando las soluciones que implican estabilización de suelo, existen dos soluciones para conseguir una explanada E2:

Solución 1:

75 cm de suelo seleccionado tipo 2

Solución 2:

40 cm de suelo seleccionado tipo 2

50 cm de suelo adecuado

Puesto que, de acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos en ningún caso se contará con material procedente de la traza aprovechable para la formación de la explanada, lo más claro parece considerar la formación de la explanada con 75 cm de suelo seleccionado tipo 2.

excepción de los entronques del vial con la Calle Eugenio García Estop, en los cuales se ejecutará un fresado y reposición de 4 cm de MBC tipo AC16 Surf B50/70 S



17.1.3.1.2.EJE 4 Y ZONA DE APARCAMIENTOS DEL TRONCO

Para la zona de aparcamientos adosados al tronco (Eje 1, 2 y 3), así como el vial Eje 4 (acceso exclusivo a instalaciones deportivas), se ha considerado una categoría de tráfico pesado T41 y explanada E2. Despreciando las secciones de hormigón podemos optar entre las siguientes secciones de firme:

- Sección 4121: 10 cm MBC + 30 cm ZA.
- Sección 4122: 8 cm MBC + 25 cm de suelocemento.

Teniendo en cuenta que las secciones 4122 implica tratamiento del suelo con cemento, lo que supondría rigideces muy diferentes entre las calzadas existentes y las nuevas y que constructivamente resultan menos convenientes, se ha optado, de acuerdo con la Dirección de Proyecto, por la sección 4121, consistente en 10 cm de mbc sobre 30 cm de zahorra.

La sección 4121 considera 30 cm. de zahorra artificial y 10 cm. de mbc, que es la que se ha dispuesto para el tramo descrito.

- 10 cm de MBC compuesto por:

- 5 cm AC16 Surf B50/70 S.
- 5 cm AC22 Bin B50/70 S.
- 30 cm de zahorra artificial.
- Explanada E2

Dicha sección tipo, será de aplicación a la sección de aparcamientos del tronco proyectado (Eje 1) y abanicos de conexión con la BA20 (Eje 2 y 3), así como al vial definido como Eje 4.

17.1.3.2. MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE

17.1.3.2.1. DEFINICIÓN DE LAS CAPAS DE M.B.C.

La definición de las capas que compondrá las mezclas bituminosas está basada en la tabla 542.9 del PG-3. Esta tabla establece los siguientes criterios:

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

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

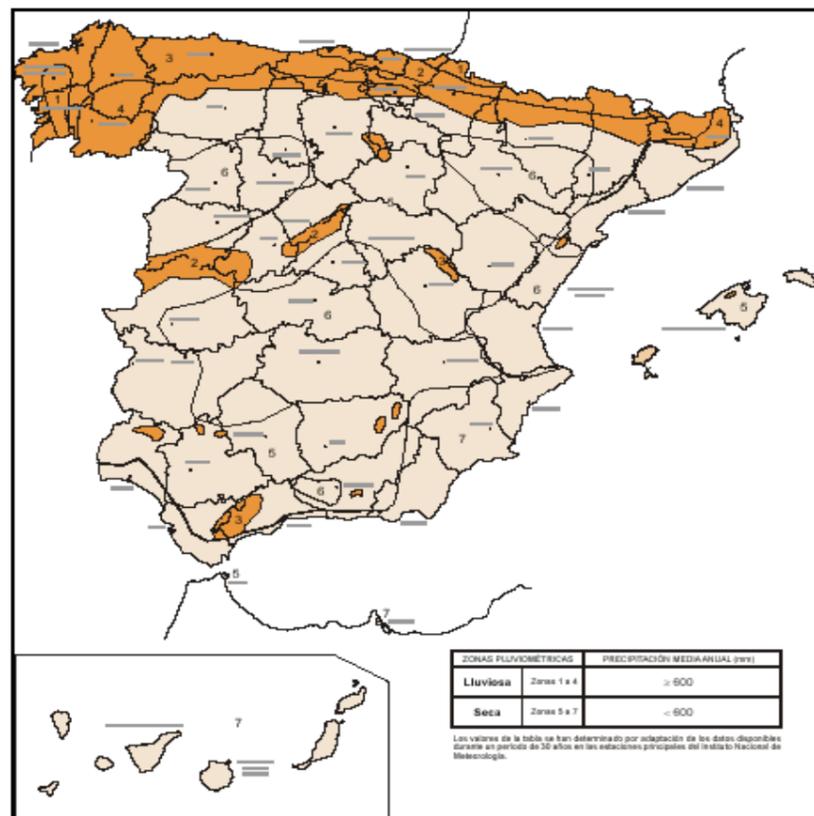
(*) Se ha omitido en la denominación de la mezcla la indicación del tipo de ligante por no ser relevante a efectos de esta tabla.

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

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

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

Además de esta tabla es importante determinar en qué zona pluviométrica se encuentra la actuación proyectada. Como se aprecia el área del proyecto se encuentra en zona 6 (poco lluviosa). Por lo que se dispondrá de una capa de rodadura Semidensa.



Dicha sección tipo, será de aplicación a la sección de calzada sin aparcamientos del tronco proyectado (Eje 1) y abanicos de conexión con la BA20 (Eje 2 y 3).

La sección de firme de aparcamientos en tronco y vial eje 4 será la siguiente:

- 5 cm AC16 Surf B50/70 S.
- Riego de adherencia C60B3 TER.
- 5 cm AC22 Bin B50/70 S.
- Riego de imprimación C60BF5 IMP.
- 30 cm de zahorra artificial.

Dicha sección tipo, será de aplicación a la sección de aparcamientos del tronco proyectado (Eje 1) y abanicos de conexión con la BA20 (Eje 2 y 3), así como al vial definido como Eje 4.

17.1.3.2.2. TIPO DE BETÚN A EMPLEAR.

El tipo de betún a emplear en la mezcla bituminosa está definido por el artículo 542 del PG-3 en la redacción dada en la ORDEN FOM/2523/2014. En ella se recogen la tabla 542.1 en la que define los posibles tipos de betún a utilizar según la capa a la que se destinen y zona térmica estival definida según la figura 3 de la norma 6.1-IC.

A continuación, se recogen estas tablas y figura de definición de zona térmica estival.

Por ello la sección de firme en calzada proyectada en el tronco del vial será la siguiente:

- 4 cm AC16 Surf B50/70 S.
- Riego de adherencia C60B3 TER.
- 5 cm AC22 Bin B50/70 S.
- Riego de adherencia C60B3 TER.
- 7 cm AC32 Base B50/70 G.
- Riego de imprimación C60BF5 IMP.
- 40 cm de zahorra artificial.

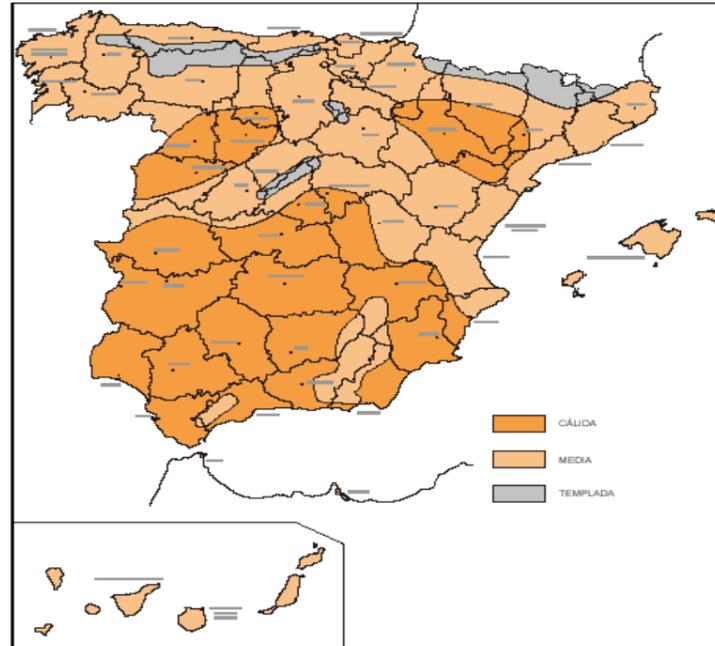


TABLA 542.1.a - TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR EN CAPA DE RODADURA Y SIGUIENTE (*) (Artículos 211 y 212 de este Pliego, y reglamentación específica vigente DGC)

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

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

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

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

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

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

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

Por lo tanto, como se puede apreciar nos encontramos en una zona térmica estival cálida, por lo que se dispondrán los siguientes betunes:

- Capa AC16 surf S: Betún 50/70.
- Capa AC22 bin S: Betún 50/70.
- Capa AC32 base G: Betún 50/70.

17.1.3.2.3. DOTACIÓN DE LIGANTE Y POLVO MINERAL.

La dotación de polvo mineral viene definida por el artículo 542 (ORDEN FOM/2523/2014) en su apartado 542.3 en el que se define la granulometría de la mezcla de áridos:

TABLA 542.8 - HUSOS GRANULOMÉTRICOS CERNIDO ACUMULADO (% en masa)

TIPO DE MEZCLA (*)		ABERTURA DE LOS TAMICES. NORMA UNE-EN 933-2 (mm)									
		45	32	22	16	8	4	2	0,500	0,250	0,063
DENSA	AC16 D			100	90-100	64-79	44-59	31-46	16-27	11-20	4-8
	AC22 D		100	90-100	73-88	55-70		31-46	16-27	11-20	4-8
SEMIDENSA	AC16 S			100	90-100	60-75	35-50	24-38	11-21	7-15	3-7
	AC22 S		100	90-100	70-88	50-66		24-38	11-21	7-15	3-7
GRUESA	AC32 S	100	90-100		68-82	48-63		24-38	11-21	7-15	3-7
	AC22 G		100	90-100	65-86	40-60		18-32	7-18	4-12	2-5
	AC32 G	100	90-100		58-76	35-54		18-32	7-18	4-12	2-5

(*) A efectos de esta tabla, para designar el tipo de mezcla, se incluye sólo la parte de la nomenclatura que se refiere expresamente al huso granulométrico (se omite por tanto la indicación de la capa del firme y del tipo de betún).

- Para la formulación de mezclas bituminosas en caliente de alto módulo (MAM) se empleará el huso AC22S con las siguientes modificaciones, respecto a dicho huso granulométrico: tamiz 0,250 mm: 8-15%; y tamiz 0,063 mm: 5-8%.

Del mismo modo la proporción mínima de polvo mineral de aportación a emplear está fijado por la tabla 542.6.

TABLA 542.6 - PROPORCIÓN DE POLVO MINERAL DE APORTACIÓN

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

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

La dotación de betún queda definida por la dotación mínima y la relación polvo mineral/betún establecidas en el artículo 542 en el punto 542.3.

TABLA 542.10 - DOTACIÓN MÍNIMA (*) DE LIGANTE HIDROCARBONADO

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

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

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

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

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

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

De acuerdo a los datos anteriormente expuestos procedentes del PG-3, y teniendo en cuenta la categoría de tráfico considerada T31, los valores recomendados respecto al filler y betún son los siguientes:

Tipo de Mezcla.	Situación.	% Polvo Mineral de Aportación.	% Mínimo de Betún	Relación F/B
AC16 surf S	Rodadura	≥50%	4,50%	1,2
AC22 bin S	Intermedia	≥50%	4,00%	1,1
AC32 base G	Base		4,00%	1,0

17.1.3.2.4. RIEGOS.

Se establecen los siguientes tipos de riegos con las dotaciones mínimas siguientes según los artículos 530 y 531.

Tipo Riego	Emulsión.	Betún Residual Mínimo. Kg/m²	Dotación Emulsión Mín Kg/m²
Imprimación.	C60BF5 IMP	0,5 kg /m ²	1,25 kg /m ²
Adherencia	C60B3 TER	0,20 kg /m ²	0,50 kg /m ²

El riego de imprimación se cubrirá con un árido cuya dotación no superará los 6 l/m², ni será inferior a 4 l/m².