
ANEJO Nº12.- VIALES. PAVIMENTACIÓN

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	2
2.- VIARIO TRÁFICO RODADO	2
2.1.- Factores de Diseño	4
2.1.1.- Tráfico	4
2.1.2.- Clima	8
2.2.- Diseño del Cimiento del Firme.....	9
2.2.1.- Caracterización del Terreno Natural Subyacente.....	10
2.2.2.- Clasificación del Cimiento.....	10
2.2.3.- Dimensionamiento	10
2.3.- Diseño de Firmes con Pavimento Bituminoso.....	11
3.- APARCAMIENTOS	14
4.- ACERAS	14

ANEJO Nº 12.- VIALES. PAVIMENTACIÓN

1.- INTRODUCCIÓN

El presente anejo pretende establecer las secciones de firme idóneas a disponer en los viales, aceras y aparcamientos definidos en el presente Proyecto de Urbanización.

2.- VIARIO TRÁFICO RODADO

El diseño del firme se basa en la “Instrucción para el Diseño de Firmes de la Red de Carreteras de Andalucía”.

El Proyecto de Urbanización va a desarrollar el viario estructurante o básico recogido en el PLAN ESPECIAL DE ORDENACIÓN DEL ÁREA LOGÍSTICA DE INTERÉS AUTONÓMICO DE MAJARABIQUE. Dentro del vial estructurante se distinguen dos tipos, según su sección:

- Vial estructurante tipo E-1: con dos carriles de 3,75 m cada uno, por sentido. Ejes: 2.1, 3.1 y 3.2.
- Vial estructurante tipo E-2: con un carril de 3,75 m, por sentido. Ejes: 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 3.3, 3.4 y 3.5.

En la imagen adjunta obtenida del Plan Especial, se puede apreciar la ordenación de red viaria y espacios libres, en la que se han destacado los mencionados ejes, así como las glorietas GI-1, GI-2 y GI-3.



Los factores de diseño del firme son las solicitudes del tráfico, las condiciones climáticas, la capacidad de soporte del cemento, los materiales disponibles y los aspectos económicos y medioambientales.

Los cálculos de las secciones de explanada y firmes se han realizado con el programa multicapa ICAFIR 2006 desarrollado por la Dirección General de carreteras de la C.O.P.T. de la Junta de Andalucía.

2.1.- FACTORES DE DISEÑO

2.1.1.- TRÁFICO

En el diseño del firme se considera únicamente el tráfico de vehículos pesados, definido por la categoría de tráfico y el número de ejes acumulados equivalente o tráfico equivalente de proyecto.

2.1.1.1 CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO

Se consideran las categorías de tráfico pesado definidas en la tabla 3.1 en función de la Intensidad Media Diaria de vehículos pesados que se prevea en el carril de proyecto en el año de apertura al tráfico (IMDPA).

Tabla 3.1. Categorías del tráfico pesado

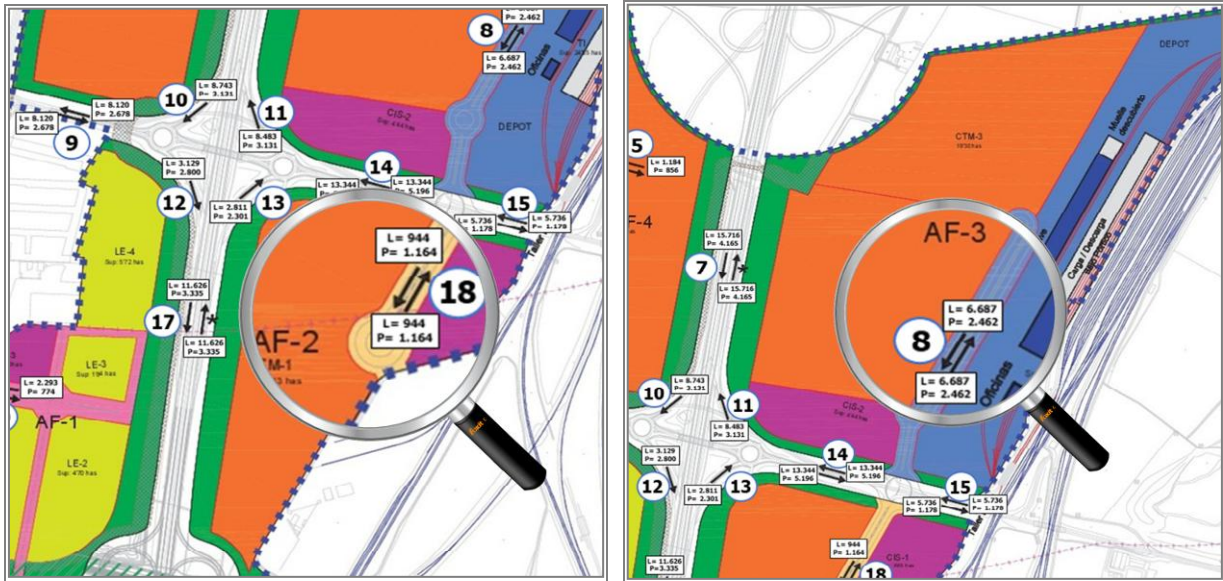
Categoría	IMDPA
T00	≥ 4.000
T0	≥ 2.000 y < 4.000
T1	≥ 800 y < 2.000
T2	≥ 200 y < 800
T3A	100 y < 200
T3B	≥ 50 y < 100
T4A	≥ 25 y < 50
T4B	< 25

Para determinar la categoría de tráfico de los viales objeto del presente proyecto, se parte de la información del “Estudio de Tráfico del Centro de Transporte de Mercancías de Majarabique (Sevilla)” realizado por Consultora Alomon S.L en mayo de 2019, cuyo objetivo principal era la evaluación del funcionamiento del tráfico en el ámbito de estudio, y en particular el impacto del tráfico generado por el CTM en el viario del entorno y en los accesos previstos al nuevo desarrollo.

Por ello, el ámbito geográfico del estudio se centró en los accesos al CTM y el viario que se localiza en su entorno cercano, específicamente las carreteras A-8002, A-8003 y A-8009. Se simuló un escenario futuro suponiendo 100% de ocupación y actividad en el CTM, digitalizando la red prevista en ese escenario futuro (horizonte 2.035), en el que se suponen en funcionamiento importantes infraestructuras como la SE-40 y el segundo tramo de la A-8009 (Nuevo Acceso a Sevilla).

En los viales del interior del área logística no se genera tráfico hasta la puesta en servicio. Al irse ocupando, irá creciendo y una vez llegue a completarse y estar en pleno funcionamiento el tráfico se estabilizará y permanecerá constante. Se considera adecuado adoptar en este caso como valor a utilizar para establecer la categoría de tráfico, el correspondiente a la situación de funcionamiento al 100 %, pues será el que existirá la mayor parte del tiempo.

Los valores del tráfico estimado en el estudio de tráfico, para el escenario con 100 % de ocupación y actividad, se recogen a continuación:



Tráfico total año 2035 (100 % de ocupación y actividad) según Estudio de Tráfico realizado por Consultora Alomon S.L

Los tráficos calculados en el interior del área logística, son los correspondientes a los ejes 2.1, 3.1 y 3.2, así como a las glorietas situadas sobre dichos ejes (GI-1, GI-2 y GI-3). Según la instrucción ICAFIR, en carreteras de dos carriles por cada sentido de circulación, sobre el carril de proyecto circula la totalidad de vehículos pesados en el sentido considerado.

- **Eje 2.1:** vial estructurante tipo E-1 con dos carriles de 3,75 m cada uno, por sentido.

IMDpesados= 1.164 veh/día en carril de proyecto → categoría de tráfico T1

Se considera esta misma categoría de tráfico en la glorieta GI-3.

- **Ejes 3.1 y 3.2:** vial estructurante tipo E-1 con dos carriles de 3,75 m cada uno, por sentido.

IMDpesados= 2.462 veh/día en carril de proyecto → categoría de tráfico T0

Se considera esta misma categoría de tráfico en las glorietas GI-1 y GI-2

El estudio no asigna tráfico al resto del viario interior del área logística, por lo que se hace un reparto en porcentaje de lo que puede llegar a cada vial del tráfico ya analizado de los ejes principales. Se trata de los ejes 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 3.3, 3.4 y 3.5, todos ellos de un carril por sentido. Se tendrá en cuenta que, según la instrucción ICAFIR, en carreteras de dos carriles y doble sentido de circulación, si el ancho de la calzada es superior a 6 m, sobre el carril de proyecto circula la mitad del total de vehículos pesados en ambos sentidos

- **Ejes 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5:** viales estructurantes tipo E-2, con un carril de 3,75 m por sentido. Se considera que por cada uno de ellos puede circular en torno al 35 – 45 % del circulante por el eje 2.1, y otra parte iría al aparcamiento de vehículos pesados.

IMDpesados= 35 – 45 % de 1.164 veh/día en carril de proyecto → 408 – 524 veh/día → categoría de tráfico T2

- **Ejes 3.3, 3.4 y 3.5:** todos viales estructurantes tipo E-2 con un carril de 3,75 m por sentido, respectivamente. Se considera que por cada uno de ellos puede circular en torno al 35 % del circulante por los ejes 3.1 y 3.2. Otra parte iría hacia la terminal intermodal o hacia la zona del área logística situada más al norte, que no se incluye en el presente proyecto.

IMDpesados= 30 – 35 % de 2.462 veh/día en carril de proyecto → 739 – 862 veh/día → dependiendo del valor, se encuentra en el límite entre categorías de tráfico T1 y T2. Se dimensionará para T1, con 862 veh/día.

2.1.1.2 TRÁFICO EQUIVALENTE DE PROYECTO

El tráfico equivalente de proyecto (TP) es el número acumulado de ejes equivalentes de 13 t que se prevea que pasarán sobre el carril de proyecto durante el periodo de proyecto.

$$TP = IMD_{PA} \times CE \times 365 \times F \times \gamma_t$$

IMDPA: Intensidad Media Diaria de vehículos pesados en el carril de proyecto, en el año de apertura al tráfico.

CE: Coeficiente de equivalencia de los vehículos pesados en número de aplicaciones del eje equivalente de 13 t.

F: factor de crecimiento del tráfico de vehículos pesados.

γ_t : Coeficiente de seguridad por mayoración de cargas.

En este caso, el valor correspondiente a $IMD_{PA} \times 365 \times F$, que representa el número de vehículos pesados que circularán durante el periodo de proyecto, se calcula de otra forma, atendiendo a las características particulares del área logística.

Se considera que el tráfico de pesados tendrá crecimiento lineal durante 5 años, desde la apertura hasta llegar al 100 % de ocupación. Desde ese momento se mantendrá constante los siguientes 20 años, hasta completar el periodo de proyecto de 25 años. Al ser un área logística, en vez de multiplicar el valor de vehículos diarios acumulados por 365 días, se multiplicará por 275 (descontando a los 365 días los festivos, domingos y la mitad de los sábados).

El valor de CE, al no disponer de datos acerca de la distribución de ejes por intervalos de carga y tipos de ejes, se obtiene de la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Valores del coeficiente de equivalencia (CE)

Tipo de firme	CE
Firme con base bituminosa o granular	0,6
Firme con base tratada con cemento	0,8
Firme con pavimento de hormigón vibrado	1,0

El coeficiente de mayoración de cargas (γ_t), se obtiene en función de la categoría de tráfico pesado, de acuerdo con la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Coeficiente de mayoración de las cargas

Categoría de tráfico pesado	γ_t
T00 a T1	1,20
T2 y T3	1,10
T4	1,00

El tráfico equivalente de proyecto (TP), para los distintos ejes estudiados será:

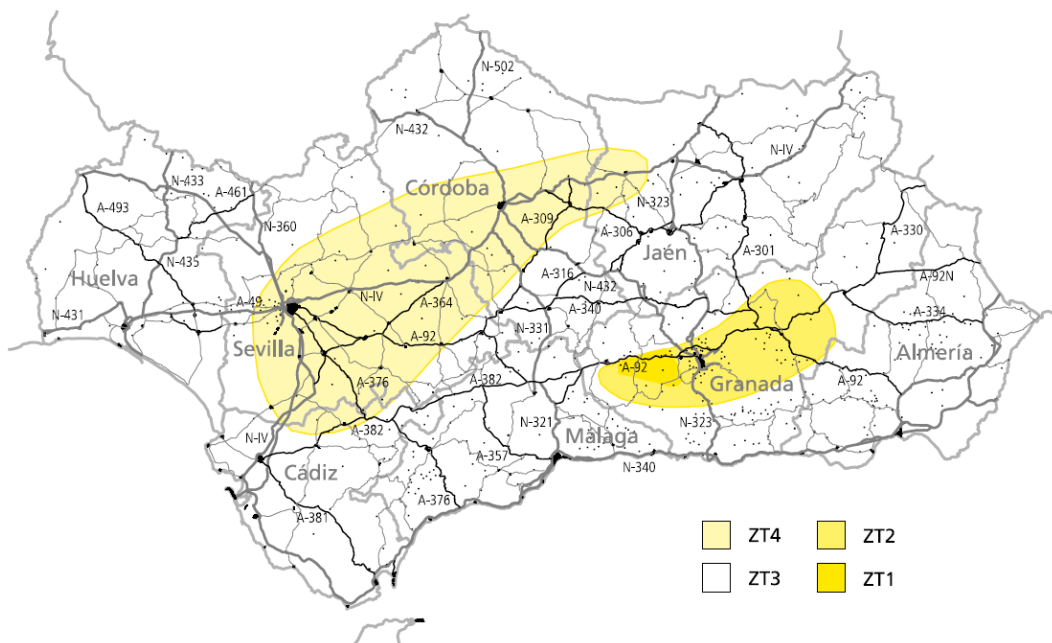
EJE	TIPO TRÁFICO	IMDp 100 % ocupación	Veh. pesados acumulados periodo proyecto	CE	Yt	TP
Eje 2.1 y glorieta GI-3	T1	1.164	7.202.250,00	0,6	1,2	5.185.620,00
Ejes 3.1 y 3.2 y glorietas GI-1 y GI-2	T0	2.462	15.233.625,00	0,6	1,2	10.968.210,00
Ejes 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5	T2	524	3.242.250,00	0,6	1,1	2.139.885,00
Ejes 3.3, 3.4 y 3.5	T1	862	5.333.625,00	0,6	1,2	3.840.210,00

2.1.2.- CLIMA

En el diseño del firme se tiene en cuenta la zona térmica y pluviométrica que corresponde a la situación geográfica de la zona objeto del proyecto.

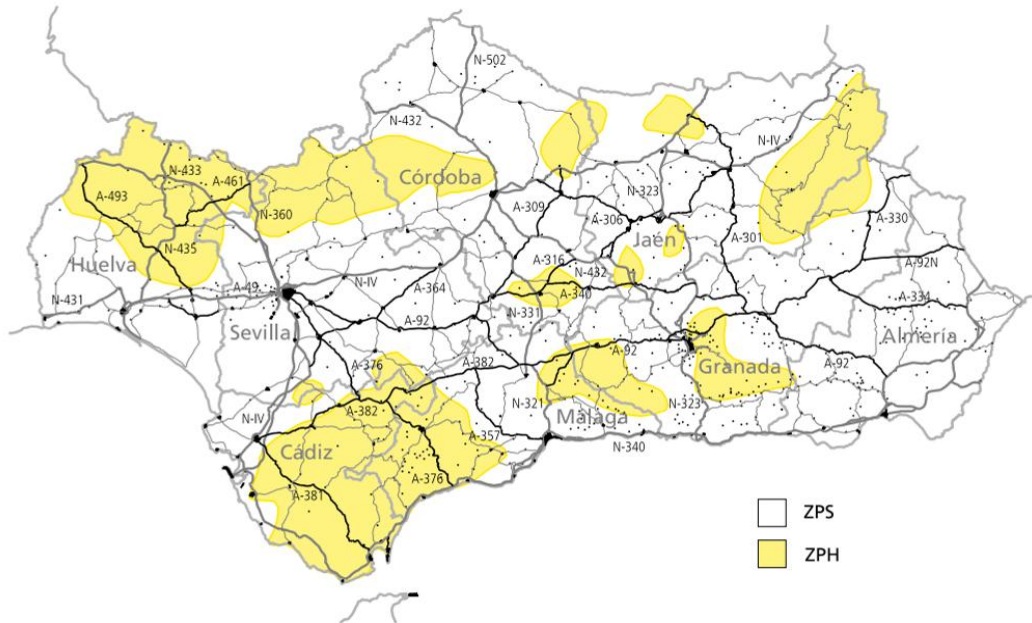
A efectos del proyecto de firmes con pavimento bituminoso se definen cuatro zonas térmicas. Se puede establecer la clasificación según el mapa de la figura 3.1. En este caso el proyecto se sitúa en la zona térmica ZT4.

Figura 3.1. Mapa de zonas térmicas



Se distinguen dos zonas pluviométricas en función de la precipitación. Se puede establecer la zona pluviométrica utilizando el mapa de la figura 3.2. En este caso el proyecto se sitúa en la zona pluviométrica ZPS.

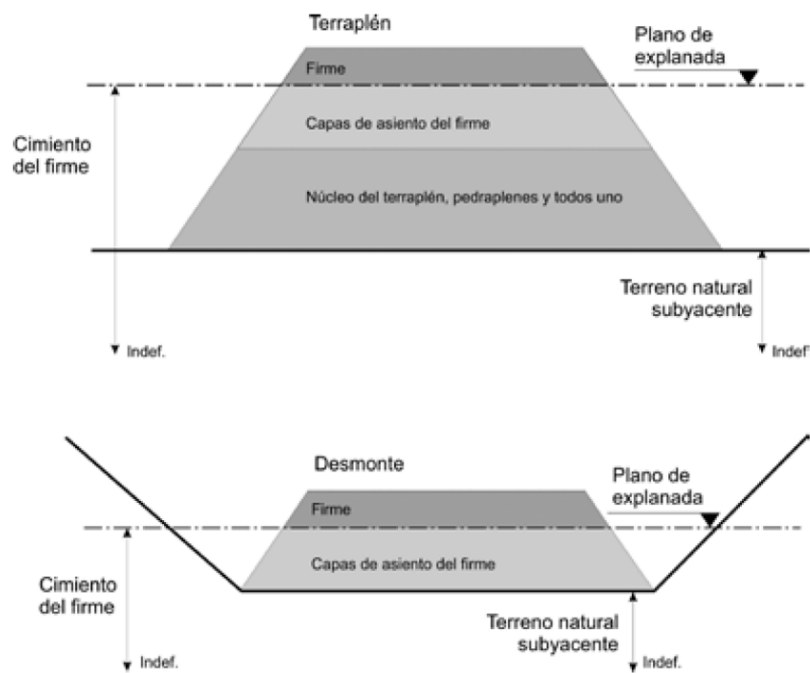
Figura 3.2. Mapa de zonas pluviométricas



2.2.- DISEÑO DEL CIMIENTO DEL FIRME

El cimiento del firme estará constituido por el terreno natural subyacente en fondo de desmonte, los suelos o materiales de aportación en núcleo de terraplenes o pedraplenes sobre los que se apoyan, y las capas del asiento del firme.

Figura 4.1. Esquema del cimiento del firme



2.2.1.- CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO NATURAL SUBYACENTE

Es preciso conocer las características y estado del terreno natural subyacente.

Conforme el anejo geotécnico nº3 se obtienen las siguientes conclusiones:

“Todos los suelos investigados se han clasificado como suelos de Categoría TOLERABLE S0. No se han identificado suelos de alta plasticidad, siendo notorio que el 57,14% de las muestras han presentado valores No Plásticos de sus límites de Atterberg (4 de 7 muestras). No se han identificado suelos expansivos, siendo la cata C-4 la que presenta el valor más elevado del hinchamiento libre sobre muestra remoldeada, en este caso HL = 2,10%. No se han identificado suelos colapsables. En lo que se refiere a la capacidad portante del terreno, el índice CBR obtenido en los ensayos no se ha mostrado como elemento penalizador ya que todos los muestreos analizados han presentado valores de CBR superiores a 3, al 95% del PN. “

2.2.2.- CLASIFICACIÓN DEL CIMIENTO

Se definen tres categorías de cimiento del firme, según se indica en la tabla 4.5, en función de su capacidad de soporte, la cual se definirá mediante el módulo equivalente (E_e).

Tabla 4.5. Categorías del cimiento del firme

Categoría de cimiento	Módulo equivalente, E_e (MPa)	Categorías válidas de tráfico de proyecto
BAJA	≥ 60	T4
MEDIA	≥ 100	T3 y T4
ALTA	≥ 160	T00 a T2

En este caso, para todos los viales la categoría de cimiento será alta.

2.2.3.- DIMENSIONAMIENTO

Para el dimensionamiento práctico del cimiento se utiliza el programa ICAFIR. Se disponen las capas de asiento necesarias y se calcula el módulo equivalente del cimiento, hasta conseguir que cumpla con el mínimo exigido según la categoría del cimiento.

Según el informe geológico, se trata de un terreno llano arcilloso, sin nivel freático próximo a superficie pero con escaso poder drenante y riesgo de encharcamientos. Tras la retirada de la capa de tierra vegetal (espesor en torno a los 0,40 m), se dispondrá una capa de 0,90 m de suelo adecuado con C.B.R. mínimo=10.

Como para todos los casos se trata de un cimiento de categoría alta, el dimensionamiento servirá para todos los ejes. Dada la topografía prácticamente llana de la zona no se prevén desmontes ni terraplenes de importancia. En el programa Se estudia para desmonte y terraplén menor de 3 m, con

mejora del terreno, de forma que en la mejora se considera la capa de 0,90 m con suelo adecuado CBR ≥ 10 , siendo el núcleo del terraplén con suelo tolerable CBR ≥ 3 .

Diseño del cimiento del firme en desmonte:

Tramo 0 · Subtramo 0 · Cimiento de Firme

Sección de Cimiento de Firme. PK 0+00 al PK 250+00 Desmonte con saneo o mejora del terreno

Plano de Explanada	Material	Espesor (cm)	
S4 (e=30 cm)	Suelo Seleccionado Tipo 4	30	
S3 (e=30 cm)	Suelo Seleccionado Tipo 3	30	
S1 (e=90 cm) - Mejora del terreno	Suelo Adecuado	90	CBR 10,0
S0 - Terreno natural subyacente	Suelo Tolerable	Indefinido	CBR 3,0

Sección válida: Deflexión 89,32 mm/100. Mód compresibilidad 161,29 MPa \geq 160,00 MPa

Diseño del cimiento del firme en terraplén menor de 3 m:

Tramo 0 · Subtramo 1 · Cimiento de Firme

Sección de Cimiento de Firme. PK 250+00 al PK 500+00 Terraplén < 2 m

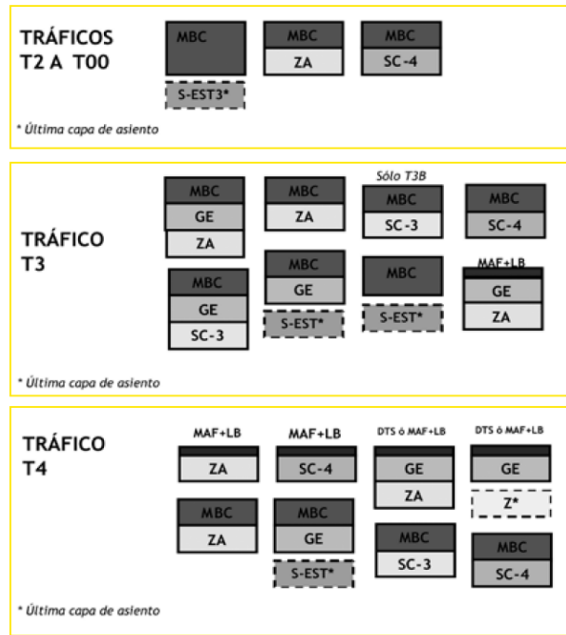
Plano de Explanada	Material	Espesor (cm)	
S4 (e=30 cm)	Suelo Seleccionado Tipo 4	30	
S3 (e=30 cm)	Suelo Seleccionado Tipo 3	30	
S1 (e=90 cm) - Núcleo de terraplén	Suelo Adecuado	90	CBR 10,0
S0 - Terreno natural subyacente	Suelo Tolerable	Indefinido	CBR 3,0

Sección válida: Deflexión 89,32 mm/100. Mód compresibilidad 161,29 MPa \geq 160,00 MPa

2.3.- DISEÑO DE FIRMES CON PAVIMENTO BITUMINOSO

Una vez definida la categoría del cimiento, se dimensiona la estructura del firme con pavimento bituminoso, procurando utilizar las tipologías de la figura 5.1.

Figura 5.1. Tipos de secciones estructurales de firme recomendadas



MBC: Mezcla bituminosa en caliente; ZA: Zahorra artificial; SC-4: Suelocemento tipo SC-4; GE: Gravaemulsión; MAF+LB: Mezcla abierta en frío sellada con lechada bituminosa; SC-3: Suelocemento tipo SC-3; DTS: Doble tratamiento superficial; Z: Zahorra; S-EST: Suelo estabilizado in situ.

Para mezclas bituminosas, la distribución de tipos en las distintas capas y espesores mínimos se indican en la tabla 5.2.

Tabla 5.2 Tipo de mezcla bituminosa en calzada

Categoría de tráfico pesado	Tipo (espesor)		
	Rodadura (R)	Intermedia (I) si existe	Base (BB) si existe e inferiores
T2 a T00	S (6 cm)	S (≥ 6 cm) AM (≥ 7 cm)	S, G (≥ 7 cm) AM (≥ 7 cm)
	F o M (3 cm)		
	PA (4 cm)		
T3A	S (≥ 5 cm)	S (≥ 5 cm), AM (≥ 7 cm) GE (≥ 6 cm)	S (≥ 6 cm), AM (≥ 7 cm) GE (≥ 6 cm)
	F o M (≥ 2,5 cm)		
	PA (4 cm)		
T3B	D o S (≥ 5 cm)	D, S (≥ 5 cm),	S (≥ 6 cm),
		GE (≥ 6 cm)	
	F o M (≥ 2 cm), LB	D, S (≥ 5 cm), GE (≥ 6 cm)	
	AF (≥ 3 cm) + LB	GE (≥ 6 cm)	
T4 y arcenes	D o S (≥ 4 cm)	S (≥ 4 cm), GE (≥ 5 cm)	
	AF (≥ 3 cm)	GE (≥ 5 cm)	
	F o M (≥ 2 cm), TS, LB	D, S (≥ 5 cm), GE (≥ 5 cm)	
	LB	AF (≥ 4 cm), GE (≥ 5 cm)	

El dimensionamiento se realizará también con el programa ICAFIR. A partir de la definición de materiales y espesores de las distintas capas del firme, se comprueba si la vida teórica de servicio (número máximo de repeticiones de carga tipo que soporta) coincide o supera al tráfico equivalente de proyecto estimado.

Sección de firme en ejes 2.1 y glorieta GI-3

Tramo 0 - Firme Bituminoso

Sección de Firme Bituminoso. PK 0+00 al PK 500+00

	Material	Espesor (cm)
S (e=6 cm) 	Mezcla Semidensa	6
S (e=7 cm)	Mezcla Semidensa	7
S (e=9 cm)	Mezcla Semidensa	9
ZA (e=20 cm)	Zahorra Artificial	20
CFA - Cimiento del firme	Cimiento del Firme Cat. Alta	Indefinido

$$\frac{\text{Ejes mínimos de cálculo } 5.464.320}{\text{Ejes equivalentes } 5.185.620} = 1.05 > 1$$

Sección de firme en eje 2.2:

Tramo 0 - Firme Bituminoso

Sección de Firme Bituminoso. PK 0+00 al PK 500+00

	Material	Espesor (cm)
S (e=6 cm)	Mezcla Semidensa	6
S (e=12 cm)	Mezcla Semidensa	12
ZA (e=20 cm)	Zahorra Artificial	20
CFA - Cimiento del firme	Cimiento del Firme Cat. Alta	Indefinido

$$\frac{\text{Ejes mínimos de cálculo } 2.449.054}{\text{Ejes equivalentes } 2.139.885} = 1.14 > 1$$

Sección de firme en ejes 3.1 y 3.2 y glorietas GI-1 y GI-2

Tramo 0 - Firme Bituminoso

Sección de Firme Bituminoso. PK 0+00 al PK 500+00

	Material	Espesor (cm)
S (e=6 cm) 	Mezcla Semidensa	6
S (e=8 cm)	Mezcla Semidensa	8
S (e=12 cm)	Mezcla Semidensa	12
ZA (e=25 cm)	Zahorra Artificial	25
CFA - Cimiento del firme	Cimiento del Firme Cat. Alta	Indefinido

$$\frac{\text{Ejes mínimos de cálculo } 11.804.570}{\text{Ejes equivalentes } 10.968.210} = 1.08 > 1$$

Sección de firme en ejes 3.3, y 3.4.

Tramo 0 - Firme Bituminoso

Sección de Firme Bituminoso. PK 0+00 al PK 500+00

	Material	Espesor (cm)
S (e=6 cm)	Mezcla Semidensa	6
S (e=7 cm)	Mezcla Semidensa	7
S (e=8 cm)	Mezcla Semidensa	8
ZA (e=20 cm)	Zahorra Artificial	20
CFA - Cimiento del firme	Cimiento del Firme Cat. Alta	Indefinido

$$\frac{\text{Ejes mínimos de cálculo } 4.528.797}{\text{Ejes equivalentes } 3.840.210} = 1.18 > 1$$

3.- APARCAMIENTOS

En las zonas de estacionamiento y parada la reducida velocidad de circulación así como de su detención provocan disminución de la rigidez y fluencia de materiales bituminosos, pudiendo aparecer roderas y afectando negativamente a las capas inferiores del firme. Otro problema es el derrame de aceites y combustible, que puede deteriorar rápidamente el pavimento si es bituminoso. Para el caso de los aparcamientos previstos, se opta por pavimentos de hormigón.

En el cimiento del firme, se utiliza el mismo que para los viales, aunque se debe incorporar sobre la última capa de suelo seleccionado, una capa de 15 cm de zahorra artificial y 20cm de Hormigón HM-20 con armado #Ø6 a 20.

4.- ACERAS

Se dispondrán baldosas de hormigón de al menos 6 cm de espesor sobre 4 cm de mortero de agarre. Por debajo 15 cm de hormigón en masa HM-20 y en la base una capa de 15 cm de zahorra artificial.