



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ANEJO Nº 4: CÁLCULO DEL FIRME

Autor: Monferrer Martí, Guillermo

Tutor: López Porta, Evaristo Manuel



ÍNDICE

1. Objeto	3
2. Normativa aplicada.....	3
3. Categorías de tráfico pesado	3
4. Explanada.....	4
5. Firme.....	5
6. Conclusiones.....	6



1. OBJETO

En el siguiente anejo se realiza el cálculo de explanada y firmes necesario para la construcción de la carretera entre las localidades de Onda y Betxí.

Para ello, la elección del firme se basa en dos aspectos fundamentales: el tipo de terreno y el tráfico que circulará sobre esta carretera, en especial el tráfico pesado. Dicha información ha sido obtenida en el anejo número dos correspondiente al cálculo de la IMD y del porcentaje de pesados.

2. NORMATIVA APLICADA

Para poder llevar a cabo el dimensionamiento del firme, se ha aplicado la siguiente normativa:

- La instrucción 6.1- IC “Secciones de firme” de la Dirección General de Carreteras.
- Pliego de Preinscripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

3. CATEGORIAS DE TRÁFICO PESADO

La estructura del firme, deberá adecuarse, entre otros factores, a la acción prevista del tráfico, fundamentalmente del más pesado, durante la vida útil del firme.

Por ello, la sección estructural del firme dependerá en primer lugar de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDp) que se prevea en el carril de proyecto en el año de puesta en servicio. Dicha intensidad se utilizará para establecer la categoría de tráfico pesado.

Para evaluar la estructura del firme, es necesaria la determinación de la intensidad en el año de puesta de servicio.

A los efectos de aplicación de esta norma, se definen ocho categorías de tráfico pesado:

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMDp (vehículos pesados/día)	$\geq 4\ 000$	$< 4\ 000$ $\geq 2\ 000$	$< 2\ 000$ ≥ 800	< 800 ≥ 200

Imagen 1: Tabla de categorías de tráfico pesado. Fuente: Instrucción 6.1- IC

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T31	T32	T41	T42
IMDp (vehículos pesados/día)	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

Imagen 2: Tabla de categorías de tráfico pesado. Fuente: Instrucción 6.1- IC

Se realizan las siguientes hipótesis para el cálculo de la intensidad media diaria de vehículos pesados en el año de puesta en servicio de la obra:

- Puesta en servicio en el año 2017
- El porcentaje de vehículos pesados que circula por la vía es de un 3.4 % según se ha calculado en el anejo número dos.

En tres horas que duró el aforo manual que se realizó el miércoles 2 de noviembre de 2016, sólo pasaron 6 vehículos pesados, lo que representa un porcentaje muy bajo (3.4%).

Con estos datos, y sabiendo que la IMD en el 2017 (año de puesta en servicio) es de 982 vehículos, obtenemos el porcentaje de pesados en dicho año:

$$\text{IMDp} = 0.034 * 982 = 33 \text{ vehículos pesados/día}$$

Poniéndonos en el año horizonte de la carretera, se obtiene que su tráfico de vehículos pesados es de 45 vehículos pesados/día.

Estos datos obtenidos representan un índice de pesados bajo, que a la hora de catalogarlo en las tablas de categorías de tráfico se encuentran entre los valores 25-50.

Por lo tanto, tendremos una categoría de tráfico pesado de **T41**.

4. EXPLANADA

En referencia a un estudio geológico y geotécnico de un proyecto cercano por sus semejanzas con el terreno existente al que tenemos en nuestra traza, tomaremos los datos de dicho estudio para la realización de nuestra explanada.

Respecto al CBR y densidad máxima, cumple, pero solo para tipo de suelo estabilizado S-EST1. Se puede elegir estabilizar el terrero con cualquiera de los dos métodos.

Como el tráfico pesado es prácticamente mínimo, se opta por la explanada más sencilla, **la E1**. Por lo tanto, se tiene una base de suelo tolerable y encima se pueden colocar tres opciones:

- Una capa de 60 cm de suelo adecuado
- Una capa de 45 cm de suelo seleccionado
- Una capa de 25 cm de suelo estabilizado S-EST1

Tanto el suelo adecuado como el seleccionado se tendrían que pedir de un préstamo de una cantera cercana. Además, que son espesores mayores, con el consecuente mayor uso de material.

Como se ha estudiado el suelo del terreno natural se puede estabilizar tipo S-EST1, tanto con cal como con cemento. Así que el material de los desmontes se podría estabilizar y utilizar en los terraplenes.

Esto es beneficioso tanto del punto de vista económico y técnico, como el ambiental. Por lo tanto, se adopta esta formación. **Explanada E1 con suelo tolerable y una capa superior de 25 cm de suelo estabilizado S-EST1 con cemento.**

		TIPOS DE SUELOS DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTES) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES O RELLENOS TODO-UNO)				
		SUELOS INADECUADOS Y MARGINALES (IN)	SUELOS TOLERABLES (0)	SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3)	ROCA (R)
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1 $R_{at} \geq 60 \text{ MPa}$					
	E2 $R_{at} \geq 120 \text{ MPa}$					
	E3 $R_{at} \geq 300 \text{ MPa}$					

Imagen 3: Tabla de tipos de suelo de la explanación. Fuente: Instrucción 6.1- IC

SUELOS TOLERABLES (0)	

Imagen 4: Ampliación detalle de la imagen 3. Fuente: Instrucción 6.1- IC

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA DE LA NUEVA CARRETERA DE CONEXIÓN DE LOS MUNICIPIOS DE ONDA Y BETXÍ DESDE "CARRER TOSALET HASTA CAMÍ D'ONDA, 33" (CASTELLÓN)

5. FIRME

La imagen que se adjunta a continuación recoge las secciones de firme según la categoría de tráfico pesado y la categoría de explanada.

Entre las posibles soluciones se seleccionará en cada caso concreto la más adecuada técnica y económicamente. Todos los espesores de capa señalados se considerarán mínimos en cualquier punto de la sección transversal del carril de proyecto.

		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO											
		T31			T32			T41			T42		
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	3111 MB 20 SC 30 ZA 40	3112 MB 15 SC 30 ZA 30	3114 HF 21 ZA 30	3211 MB 18 SC 30 ZA 40	3212 MB 12 SC 30 ZA 20	3214 HF 21 ZA 20	4111 MB 10 ⁽¹⁾ SC 30 ZA 40	4112 MB 8 SC 30 ZA 20	4114 HF 20 ZA 20	4211 MB 5 ⁽¹⁾ SC 25 ZA 35	4212 MB 5 SC 25 ZA 20	4214 HF 18 ZA 20
	E2	3121 MB 16 SC 30 ZA 40	3122 MB 12 SC 30 ZA 25	3124 HF 21 ZA 25	3221 MB 15 SC 30 ZA 35	3222 MB 10 SC 30 ZA 20	3224 HF 21 ZA 20	4121 MB 10 ⁽¹⁾ SC 25 ZA 30	4122 MB 8 SC 25 ZA 20	4124 HF 20 ZA 20	4221 MB 5 ⁽¹⁾ SC 22 ZA 25	4222 MB 5 SC 22 ZA 20	4224 HF 18 ZA 20
	E3	3131 MB 16 SC 22 ZA 25	3132 MB 12 SC 22 ZA 20	3134 HF 21 ZA 20	3231 MB 15 SC 22 ZA 20	3232 MB 10 SC 22 ZA 20	3234 HF 21 ZA 20	4131 MB 10 ⁽¹⁾ SC 20 ZA 20	4132 MB 8 SC 20 ZA 20	4134 HF 20 ZA 20	4231 MB 5 ⁽¹⁾ SC 20 ZA 20	4232 MB 5 SC 20 ZA 20	4234 HF 18 ZA 20

MB Mezclas bituminosas HF Hormigón de firme SC Suelocemento ZA Zahorra artificial

Espesores mínimos en cm

(1) Estas capas bituminosas podrán ser proyectadas con mezclas bituminosas en caliente muy flexibles, gravaemulsión sellada con un tratamiento superficial o mezcla bituminosa abierta en frío sellada con un tratamiento superficial.

Nota 1: Para las categorías de tráfico pesado T3 (T31 y T32) las capas tratadas con cemento deberán prefisurarse con espaciamientos de 3 a 4 m, de acuerdo con el artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

Nota 2: En la categoría de tráfico pesado T42 con tráficos de intensidad reducida (menor que 100 vehículos/carril/día) podrá disponerse un riego con gravilla bicapa como sustitución de los 5 cm de mezcla bituminosa.

Imagen 5: Categoría de firmes según explanada. Fuente: Instrucción 6.1- IC

Con una explanada E1 y una categoría de tráfico pesado T41, hay 3 tipos de categoría de firme (4111, 4112, 4114). De las cuales se descarta primero la 4114 por llevar hormigón ya que es muy poco práctico, y luego se descarta la 4112 por estar compuesta por suelo-cemento (no cumple la granulometría ni plasticidad).

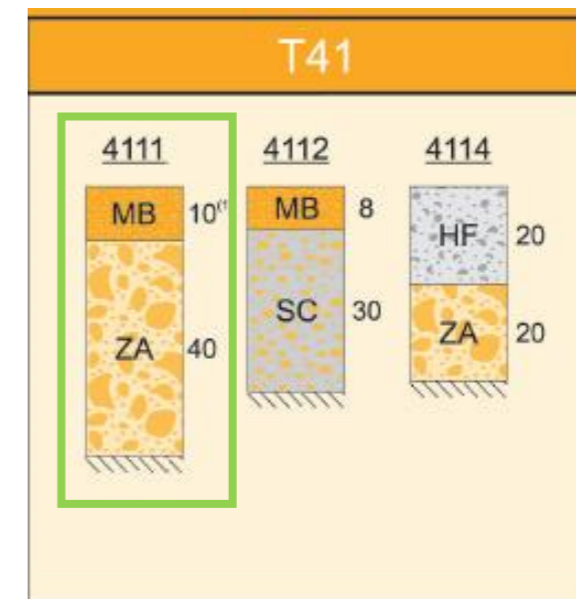


Imagen 6: Ampliación detalle de la imagen 5. Fuente: Instrucción 6.1- IC

Por lo que la opción final es la categoría **4111**, que combina una capa inferior de 40 cm de Zahorra artificial junto a una de mezcla bituminosa de 10 cm en la parte superior.

Al tener una capa de mezcla bituminosa de 10 cm, se realizará la inserción de capa de rodadura del tipo AC22 Surf S. Para realizar la conexión entre capa asfáltica y capa de rodadura se llevará a cabo un riego de imprimación C60BF4 IMP.



6. CONCLUSIÓN

Con el presente anejo se da por finalizado el tema de las explanaciones y los firmes. En esta carretera, al ser una carretera no muy transitada debido a su bajo IMD, nos sale una sección de firme sencilla pudiéndose ahorrar mucho en costes ya que se puede estabilizar el suelo de los sobrantes de desmonte.