

## ANEJO Nº 10: FIRMES 10. ERANSKINA: BIDE-ZORUAK

- 
1. INTRODUCCIÓN
  2. DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME.
    - 2.1. FIRME EN LOS ACCESOS AL VIADUCTO
      - 2.1.1. CATEGORÍA DE LA EXPLANADA MEJORADA
      - 2.1.2. ELECCIÓN DE LAS SECCIONES ESTRUCTURALES DEL FIRME
      - 2.1.3. SOLUCIÓN ADOPTADA
    - 2.2. FIRME EN EL VIADUCTO.
  3. RIEGOS DE IMPRIMACIÓN Y DE ADHERENCIA
    - 3.1. RIEGO DE IMPRIMACIÓN
    - 3.2. RIEGO DE ADHERENCIA
  4. MATERIALES UTILIZADOS

## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se determinan las características del firme del tramo de carretera objeto de este proyecto.

Las secciones tipo se han definido según las características de la explanada y de los materiales de la zona, además de la categoría de tráfico de vehículos pesados en el carril de proyecto y en el año previsto para su puesta en servicio (2020).

Para la definición de las secciones tipo se han seguido las prescripciones recogidas en la normativa vigente:

- “Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras del País Vasco”
- “Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carretera y Puentes” PG-3/75. Actualización Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, relativos a materiales básicos, a firmes y pavimentos, y señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos.

A continuación, se presenta el estudio que ha llevado a la elección de la sección tipo, así como de los materiales a emplear.

## 2. DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME.

El dimensionamiento y diseño de una sección de firme se realiza según la categoría de la explanada y del tráfico de vehículos pesados, es decir en función de:

- Nivel o categoría de tráfico previsto en el año de puesta en servicio. En particular la sección de firme se determina en función de la Intensidad Media Diaria de vehículos pesados (IMDp) en el año de puesta en servicio.
- Características geológico-geotécnicas de los materiales sobre los cuales se asienta la nueva infraestructura, así como la disponibilidad de materiales en la zona cercana a las obras, de forma que se optimice la solución propuesta.

A continuación, se procede al cálculo de la sección estructural de firme, empleándose para ello:

- “Norma para el dimensionamiento de formes de la red de carreteras del País Vasco”.

## 2.1. FIRME EN LOS ACCESOS AL VIADUCTO

### 2.1.1. CATEGORÍA DE LA EXPLANADA MEJORADA

Se consideran tres categorías de explanada mejorada en función de su capacidad de soporte, denominadas EX1, EX2, y EX3 respectivamente. La categoría mínima necesaria será función del tráfico del proyecto.

TRÁFICO DE PROYECTO	CATEGORÍA DE EXPLANADA MEJORADA
T2A o superior	EX2 O EX3
T2B o inferior	EX1, EX2 O EX3

La capacidad soporte de la explanada vendrá definida por el módulo de compresibilidad,  $E_{v2}$ , obtenido en el segundo ciclo del ensayo de carga con placa, y la relación, K, entre los módulos de compresibilidad del segundo y primer ciclo de carga.

Los valores mínimos de  $E_{v2}$ , y máximos de K son los indicados en la siguiente tabla. En todo caso, se admitirán valores de K superiores a los máximos señalados si el valor del módulo de compresibilidad del primer ciclo de carga,  $E_{v1}$ , es al menos el 70 % del exigido en el segundo.

CATEGORÍA DE EXPLANADA MEJORADA	EV2	K(EV2/EV1)	
		Densidad exigida $\geq 103\% \text{ PM}$	Densidad exigida $< 103\% \text{ PM}$
EX1	$\geq 120 \text{ MPa}$	$\leq 2,2$	$\leq 2,5$
EX2	$\geq 200 \text{ MPa}$		
EX3	$\geq 300 \text{ MPa}$		

La elección de la categoría de la explanada dependerá en cada caso de los materiales disponibles para su formación, del coste global de la solución y de los condicionantes medioambientales.

Dadas las características de la zona se adopta una categoría de explanada EX2.

### 2.1.2. ELECCIÓN DE LAS SECCIONES ESTRUCTURALES DEL FIRME

De acuerdo con lo indicado anteriormente, se eligen para este nuevo tramo de carretera la siguiente sección de firme.

Sección tipo 1.1 de la “*Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras del País Vasco*” correspondiente a una categoría de tráfico T4A y a una categoría de explanada EX2, que consta de 10 cm de mezcla bituminosa en caliente y 30 cm de zahorra artificial.

### 2.1.3. SOLUCIÓN ADOPTADA

Considerando lo indicado en los apartados anteriores y considerada una categoría de explanada Ex2 se dispondrán 30 cm de zahorra artificial sobre un espesor mínimo de 1 m de suelo seleccionado tipo 2 y 30 cm de un suelo seleccionado tipo 3 o 4. Esto cumple con los espesores mínimos establecidos por la *“Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras del País Vasco”*

- Espesores mínimos para la formación de la explanada según *“Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras del País Vasco”*

T.S.	INADECUADO IN	TOLERABLE 0	ADECUADO 1	SELECCIONADO	ROCA																																																
EX1	<table border="1"> <tr> <td>4</td><td>75</td><td>3 6 4</td><td>30</td> </tr> <tr> <td>IN</td><td>&gt;100</td><td>S-EST1</td><td>20</td> </tr> <tr> <td>S-EST2</td><td>22</td><td>IN</td><td>&gt;100</td> </tr> <tr> <td>S-EST1</td><td>20</td><td>3</td><td>85</td> </tr> <tr> <td>IN</td><td>&gt;100</td><td>IN</td><td>&gt;100</td> </tr> </table>	4	75	3 6 4	30	IN	>100	S-EST1	20	S-EST2	22	IN	>100	S-EST1	20	3	85	IN	>100	IN	>100	<table border="1"> <tr> <td>3 6 4</td><td>50</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>&gt;100</td> </tr> <tr> <td>S-EST1</td><td>30</td> </tr> <tr> <td>S-EST2</td><td>25</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>&gt;100</td> </tr> </table>	3 6 4	50	0	>100	S-EST1	30	S-EST2	25	0	>100	<table border="1"> <tr> <td>3 6 4</td><td>30</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>&gt;100</td> </tr> <tr> <td>S-EST1</td><td>22</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>&gt;100</td> </tr> </table>	3 6 4	30	1	>100	S-EST1	22	1	>100	<table border="1"> <tr> <td>Escalificado y recomendado</td><td>20</td> </tr> </table>	Escalificado y recomendado	20									
4	75	3 6 4	30																																																		
IN	>100	S-EST1	20																																																		
S-EST2	22	IN	>100																																																		
S-EST1	20	3	85																																																		
IN	>100	IN	>100																																																		
3 6 4	50																																																				
0	>100																																																				
S-EST1	30																																																				
S-EST2	25																																																				
0	>100																																																				
3 6 4	30																																																				
1	>100																																																				
S-EST1	22																																																				
1	>100																																																				
Escalificado y recomendado	20																																																				
EX2	<table border="1"> <tr> <td>4</td><td>100</td><td>4</td><td>50</td> </tr> <tr> <td>IN</td><td>&gt;100</td><td>S-EST1</td><td>20</td> </tr> <tr> <td>3</td><td>75</td><td>IN</td><td>&gt;100</td> </tr> <tr> <td>S-EST1</td><td>20</td><td>0</td><td>&gt;100</td> </tr> <tr> <td>IN</td><td>&gt;100</td><td>4</td><td>40</td> </tr> <tr> <td>S-EST1</td><td>20</td><td>S-EST2</td><td>30</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>&gt;100</td><td>S-EST1</td><td>20</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>&gt;100</td><td>0</td><td>&gt;100</td> </tr> </table>	4	100	4	50	IN	>100	S-EST1	20	3	75	IN	>100	S-EST1	20	0	>100	IN	>100	4	40	S-EST1	20	S-EST2	30	0	>100	S-EST1	20	0	>100	0	>100	<table border="1"> <tr> <td>4</td><td>80</td><td>3</td><td>100</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>&gt;100</td><td>0</td><td>&gt;100</td> </tr> </table>	4	80	3	100	0	>100	0	>100	<table border="1"> <tr> <td>3 6 4</td><td>50</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>&gt;100</td> </tr> </table>	3 6 4	50	1	>100	<table border="1"> <tr> <td>3 6 4</td><td>30</td> </tr> <tr> <td>2</td><td>&gt;100</td> </tr> </table>	3 6 4	30	2	>100	
4	100	4	50																																																		
IN	>100	S-EST1	20																																																		
3	75	IN	>100																																																		
S-EST1	20	0	>100																																																		
IN	>100	4	40																																																		
S-EST1	20	S-EST2	30																																																		
0	>100	S-EST1	20																																																		
0	>100	0	>100																																																		
4	80	3	100																																																		
0	>100	0	>100																																																		
3 6 4	50																																																				
1	>100																																																				
3 6 4	30																																																				
2	>100																																																				
EX3	<table border="1"> <tr> <td>S-EST3</td><td>25</td> <td>S-EST3</td><td>20</td> </tr> <tr> <td>S-EST3</td><td>25</td><td>S-EST3</td><td>20</td> </tr> <tr> <td>S-EST1</td><td>25</td><td>S-EST1</td><td>20</td> </tr> <tr> <td>IN</td><td>&gt;100</td><td>0</td><td>&gt;100</td> </tr> </table>	S-EST3	25	S-EST3	20	S-EST3	25	S-EST3	20	S-EST1	25	S-EST1	20	IN	>100	0	>100	<table border="1"> <tr> <td>4</td><td>100</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>&gt;100</td> </tr> </table>	4	100	0	>100	<table border="1"> <tr> <td>4</td><td>70</td><td>S-EST3</td><td>25</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>&gt;100</td><td>1</td><td>&gt;100</td> </tr> </table>	4	70	S-EST3	25	1	>100	1	>100	<table border="1"> <tr> <td>S-EST3</td><td>22</td> <td>4</td><td>50</td> </tr> <tr> <td>2</td><td>&gt;100</td><td>2</td><td>&gt;100</td> </tr> </table>	S-EST3	22	4	50	2	>100	2	>100													
S-EST3	25	S-EST3	20																																																		
S-EST3	25	S-EST3	20																																																		
S-EST1	25	S-EST1	20																																																		
IN	>100	0	>100																																																		
4	100																																																				
0	>100																																																				
4	70	S-EST3	25																																																		
1	>100	1	>100																																																		
S-EST3	22	4	50																																																		
2	>100	2	>100																																																		

En cuanto a las secciones de mezcla bituminosa, las secciones obtenidas según la *“Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras del País Vasco”* son secciones mínimas que se deben respetar. Para la categoría de tráfico pesado, velocidad específica del tramo e inclinación, se obtienen los espesores de mezcla bituminosa para las capas base y de rodadura.

Tabla 7.1. Utilización de mezclas bituminosas en la capa rodadura

Velocidad específica del tramo(mv/h)	Inclinación (%)	Categoría de tráfico pesado	Espesor (cm) y tipo de mezcla bituminosa en capa de rodadura							
			ACD	AC S	PA/T	BBTM A	BBTM B	MAP	T5	MICROF
>90	<5	T00 - T2A		6 (AC22 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/V A)	3 (BBTM 11/V B)			
		T2B - T3A		5 (AC16 surf S)						
		T3B		4 - 5 (AC16 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/V A)	3 (BBTM 11/V B)	4 (AF25)		
		T4A						4 - 5 (AF12)		1 (MICROF B) <sup>(1)</sup>
	≥5	T00 - T2A		6 (AC22 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/V A)	3 (BBTM 11/V B)			
		T2B - T3A		5 (AC16 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/V A)	3 (BBTM 11/V B)			
		T3B		4 - 5 (AC16 surf S)		3 (BBTM 11/V A)		6 (AF25)		
		T4A						4 - 5 (AF12)		1 (MICROF B) <sup>(1)</sup>
≤90	<5	T00 - T2A		6 (AC22 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/V A)	3 (BBTM 11/V B)			
		T2B - T3A		5 (AC16 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/V A)	3 (BBTM 11/V B)	6 (AF25)		
		T3B		4 - 5 (AC16 surf S)		3 (BBTM 11/V A)		4 - 5 (AF12)	(OTS e TTS) <sup>(2)</sup>	1 (MICROF B) <sup>(1)</sup>
		T4A		4 - 5 (AC16 surf S)						
	≥5	T00 - T2A		6 (AC22 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/V A)	3 (BBTM 11/V B)			
		T2B - T3A		5 (AC16 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/V A)	3 (BBTM 11/V B)			
		T3B		4 - 5 (AC16 surf S)				6 (AF25)		
		T4A		4 - 5 (AC16 surf S)				4 - 5 (AF12)	(OTS e TTS) <sup>(2)</sup>	1 (MICROF B) <sup>(1)</sup>
		T4B		4 - 5 (AC16 surf S)						

ESPECIALMENTE RECOMENDABLE.

UTILIZABLE

**Tabla 7.2. Utilización de mezclas bituminosas en las capas inferiores**

Capa	Tipo mezcla en capa superior	Categoría de tráfico pesado	Espesor (cm) y tipo de mezcla bituminosa				
			AC S	AC D	AC G	AC MAM	GE
Intermedia <sup>(1)</sup>	AC S ó D	T00 - T3A	6 - 9 (AC22 bin S)			7 - 9 (AC bin 22 MAM)	
		T3B	5 (AC 16 bin S) ó 6 - 9 (AC22 bin S)	5 (AC 16 bin D) ó 6 - 9 (AC22 bin D)			
		T4	4 - 5 (AC 16 bin S) ó 6 - 9 (AC22 bin S)	4 - 5 (AC 16 bin D) ó 6 - 9 (AC22 bin D)			
	PA ó BBTM A ó B	T00 - T3A	7 - 9 (AC22 bin S)	6 - 9 (AC22 bin D)		7 - 9 (AC bin 22 MAM)	
		T3B - T4B	6 - 9 (AC22 bin S)	6 - 9 (AC22 bin D)			
	MAF, TS ó MICROF	T3B - T4B	5 (AC 16 bin S) ó 6 - 9 (AC22 bin S)	5 (AC 16 bin D) ó 6 - 9 (AC22 bin D)			5-9 (GEA 1)
		T00 - T3A	7 - 9 (AC 22 base S) ó 8 - 15 (AC32 base S)		7 - 9 (AC 22 base G) ó 8 - 15 (AC32 base G)	7 - 13 (AC base 22 MAM)	
	AC MAM	T3B - T4	6 - 9 (AC 22 base S) ó 8 - 15 (AC32 base S)		6 - 9 (AC 22 base G) ó 8 - 15 (AC32 base G)		
		T00 - T3A				7 - 13 (AC base 22 MAM)	
Base <sup>(2)</sup>	AC S ó D	T3B - T4					5-12 (GEA 1)
		GE					

 **ESPECIALMENTE RECOMENDABLE.**     **UTILIZABLE**

Por tanto, el paquete de firmes a disponer en los accesos al viaducto estará compuesto por:

- 5 cm de mezcla bituminosa en caliente tipo AC 16 surf 60/70 S en capa de rodadura.
- 6 cm de mezcla bituminosa en caliente tipo AC 22 bin 60/70 G en capa base.
- 30 cm de zahorra artificial
- Suelo seleccionado tipo 2 y 3 o 4.

Como es preceptivo, se aplicará un riego de imprimación siempre que se vaya a aplicar una capa de mezcla bituminosa sobre una granular, y un riego de adherencia siempre que se vaya a aplicar una capa de mezcla bituminosa sobre otra bituminosa.

Se adopta un betún de penetración tipo B60/70 tanto para capa base como para capa de rodadura.

## 2.2. FIRME EN EL VIADUCTO.

Tal y como establece la “*Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras del País Vasco*” el pavimento del tablero deberá cumplir la doble función de proporcionar una adecuada rodadura al tráfico y proteger e impermeabilizar el tablero ante la acción directa del tráfico y de la intemperie, particularmente en climas o ambientes agresivos.

En pavimento a disponer sobre la impermeabilización será función de la categoría de Tráfico de Proyecto:

- Con tráfico T2 ó superior, se proyectará una mezcla bituminosa en caliente de 10 cm de espesor, en dos capas, una intermedia, formada por una mezcla bituminosa de tipo denso o semidenso (según art. 542 del PG-3) de tamaño

máximo nominal de árido no superior a 12 mm, y una capa de rodadura formada por mezcla bituminosa de tipo denso o semidenso (según art. 542 del PG-3) o bien de tipo discontinuo (según art. 543 del PG-3). La capa intermedia no será necesaria cuando se haya regularizado el tablero directamente sobre el riego de imprimación.

- Con tráfico T3 ó inferior, el firme estará compuesto por una única capa de mezcla bituminosa en caliente de tipo denso o semidenso (según art. 542 del PG-3) o bien por una mezcla bituminosa de tipo discontinuo (según art. 543 del PG-3).

Dado que la categoría de proyecto es inferior a la T3, se dispondrá una única capa de mezcla bituminosa de tipo semidenso de iguales características a la que se dispondrá en los accesos al mismo. La sección tipo a disponer por tanto será:

- Riego de adherencia a base de emulsión bituminosa termoadherente (aplicado sobre la impermeabilización del tablero)
- 6 cm de mezcla bituminosa en caliente tipo AC 16 surf 60/70 S en capa de rodadura.

Se adopta un betún de penetración tipo B60/70 tanto para la capa de rodadura.

### 3. RIEGOS DE IMPRIMACIÓN Y DE ADHERENCIA

#### 3.1. RIEGO DE IMPRIMACIÓN

Sobre la capa granular que vaya a recibir una capa de mezcla bituminosa deberá efectuarse previamente un riego de imprimación. El riego consistirá en la extensión de un ligante hidrocarbonado de Emulsión Catiónica de Imprimación (ECI).

#### 3.2. RIEGO DE ADHERENCIA

Entre las distintas capas de mezclas bituminosas, se extenderá un riego de adherencia con emulsión termoadherente.

### 4. MATERIALES UTILIZADOS

Los materiales que constituyan las diferentes capas del firme deberán cumplir lo especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de este proyecto.