



11 Eranskinak
Zoru eta Zoladuren Azterketa

Markina - Berriatua, BI-633 errepidearen
hobekuntza proiektua, 52+200 P.K-tik
54+000 P.K-ra.

2016ko Urria

Anejo nº 11
Estudio de Firmes y Pavimentos

Proyecto de mejora de la carretera BI-633
del P.K. 52+200 al P.K. 54+000, en
Markina - Berriatua.

Octubre 2016

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME	1
2.1. DATOS DE TRÁFICO	1
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA EXPLANADA	3
3. DEFINICIÓN DEL FIRME.....	5
3.1. CRITERIOS BASICOS	5
3.2. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	5
3.3. ESTUDIO ECONÓMICO	9
4. ELECCION DEL FIRME	11
4.1. SECCIÓN TIPO EN EL TRONCO E INTERSECCIONES	11
4.2. SECCIÓN TIPO EN TABLEROS O LOSAS DE OBRAS DE PASO	12
4.3. SECCIÓN TIPO ESPECIAL	12
4.4. SECCIÓN TIPO EN ACCESOS Y CAMINOS	13
4.5. PAVIMENTOS PEATONALES	13

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente Anejo es definir la sección estructural del firme a emplear en el presente Proyecto de Mejora de la carretera BI-633 del P.K. 52+200 al P.K.54+000, en Markina - Berriatua.

Para definir el tipo de firme se parte de los datos del tráfico existente en años anteriores, que han sido recogidos en el **Anejo Nº 8: Tráfico**.

Su dimensionamiento se ha llevado a cabo de acuerdo con lo expuesto en la Instrucción 6.1-IC: "Secciones de firme" de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento y en la Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País, Orden de 12 de Julio de 2007, edición revisada y ampliada en Noviembre de 2.012.

2. FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME

2.1. DATOS DE TRÁFICO

La Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco considera para el dimensionamiento del firme diez categorías de tráfico, clasificadas en función del Tráfico de Proyecto que se prevea para el carril de proyecto en el año de puesta en servicio, según se indica en el cuadro siguiente:

CATEGORÍA		TP (en millones)
T00		43,8 – 87,6
T0		21,9 – 43,8
T1	T1A	15,3 – 21,9
	T1B	8,8 – 15,3
T2	T2A	4,4 – 8,8
	T2B	2,2 – 4,4
T3	T3A	1,1 – 2,2
	T3B	0,55 – 1,1
T4	T4A	0,27 – 0,55
	T4B	< 0,27

Para la determinación de la categoría de tráfico en este caso, se cuenta con los datos recogidos en el **Anejo Nº 8: Tráfico**. Tal y como se indica, el momento de puesta en servicio considerado es el año 2.018. La IMD estimada en este año de la carretera BI-633 es en cada uno de los dos tramos afectados la que se recoge en el cuadro siguiente:

CARRETERA	IMD (veh/día)	Pesados (%)	IMD p
BI-633 (148A) Urberuaga-Plazakola	7.614	10	761
BI-633 (148C) Plazakola-Berriatua	6.351	8,5	540

El tráfico de proyecto se calculará mediante la siguiente expresión:

$$TP = IMD_p^{APS} \cdot 365 \cdot F \cdot \gamma_T$$

Donde:

- IMDPAPS es la Intensidad Media Diaria de vehículos pesados en el año de puesta en servicio del tramo.
- F es el Factor de crecimiento del tráfico de vehículos pesados durante el periodo de proyecto.
- γ_T Coeficiente de ponderación de las cargas de tráfico.

El **factor de crecimiento**, **F**, introduce en la estimación del tráfico el incremento de tráfico pesado que se espera que circule por la carretera durante el período de proyecto considerado. Depende de la tasa de crecimiento de este tipo de tráfico y del periodo de proyecto considerado. Para una tasa de crecimiento constante, viene definido por la siguiente expresión:

$$F = [(1+r)^N - 1] / r$$

Siendo:

- R: Tasa de crecimiento anual del tráfico de vehículos pesados.
- N: Período de proyecto.

La tasa de crecimiento anual de tráfico de vehículos pesado debe estimarse a partir de un estudio de tráfico específico. En ausencia de datos fiables, se podrá adoptar una tasa constante del 4% para una IMD de vehículos pesados en el año de puesta en servicio del tramo de 1.600 o superior, y el 2% en otro caso.

En la tabla siguiente se dan los factores de crecimiento, F, para tasas de crecimiento anual del tráfico constantes.

r (%)	F
2	25
4	30

El **coeficiente de ponderación** de las cargas de tráfico, γ_T , viene definido por la siguiente expresión:

$$\gamma_T = \gamma_C \cdot \gamma_R \cdot \gamma_L$$

Siendo:

- γ_C coeficiente de asignación de tráfico pesado.
- Se utiliza para asignar al carril de proyecto un porcentaje estimado del total de vehículos pesados. Salvo que se disponga de datos sobre asignación de tráfico pesado por carriles, el valor del coeficiente se obtendrá de la siguiente tabla.

TIPO DE VIA	DESCRIPCION	γ_C
DE CALZADA UNICA	ANCHURA DE CALZADA	$\geq 6m$
		$\geq 5m$ y $< 6m$
		$< 5m$
DE DOBLE CALZADA	CARRILES POR SENTIDO	2
		3 o más

- γ_R coeficiente que tiene en cuenta la variabilidad en la estimación del tráfico.
- Se utiliza para asumir en el dimensionamiento un nivel de riesgo en la estimación de tráfico de proyecto. El nivel de riesgo será función del tipo de red y de la intensidad de tráfico, según se indica en la siguiente tabla.

TIPO DE RED	IMD APS	γ_R
PRINCIPAL	$\geq 20,000$	1,40
	10,000 - 20,000	1,30
	$< 10,000$	1,20
RESTO	$\geq 2,000$	1,10
	$< 2,000$	1,00

- γ_L coeficiente que tiene en cuenta la influencia de la pendiente longitudinal.
- Se utiliza para tener en cuenta en el dimensionamiento la disminución de la rigidez que se produce en los materiales bituminosos en las zonas en rampa como consecuencia de la reducción de la velocidad de los vehículos pesados.
- Se adoptara un coeficiente de valor $\gamma_L = 1,3$ únicamente en aquellos subtramos del proyecto en rampa, cuya pendiente longitudinal sea superior al 5% y se

mantenga en una longitud de al menos 500 m. en el resto de los casos se tomara $\gamma_L = 1,0$.

En nuestro caso, los coeficientes γ_C , γ_R y γ_L tienen unos valores de 0,50; 1,20 y 1,00 respectivamente, que aplicados a la expresión anterior dan un valor de γ_T de 0,6.

En el tramo Urberuaga-Plazakola, para una IMDPAPS de 761 veh/día para la carretera BI-633, un factor de crecimiento F de 25 y un coeficiente de ponderación γ_T de 0,6 se obtiene el tráfico de proyecto TP en el carril de proyecto y en el año de puesta de 4,17 millones, que se corresponde con una categoría de tráfico T2B.

En el tramo Plazakola-Berriatua, para una IMD_P^{APS} de 540 veh/día para la carretera BI-633, un factor de crecimiento F de 25 y un coeficiente de ponderación γ_T de 0,6 se obtiene el tráfico de proyecto TP en el carril de proyecto y en el año de puesta de 2,96 millones, que se corresponde también con una categoría de tráfico T2B.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA EXPLANADA

La Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco publicada el 21 de Agosto de 2007 edición revisada y ampliada en Noviembre del 2012, considera para el dimensionamiento del firme, para tráfico de proyecto T2B o inferior, tres categorías de explanada mejorada en función de su capacidad soporte, denominadas respectivamente EX1, EX2, EX3. La capacidad soporte de la explanada viene definida por el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (E_{v2}), obtenido de acuerdo con la NLT-357/98 “Ensayo de carga con placa” y la relación entre los módulos de compresibilidad del segundo y primer ciclos de carga (K), cuyos valores se recogen en la siguiente tabla:

Categoría de la Explanada	E_{v2} (Mpa)	K (E_{v2}/E_{v1})	
		Densidad $\geq 103\%PM$	Densidad $< 103\%PM$
EX1	≥ 120	$\leq 2,2$	$\leq 2,5$
EX2	≥ 200		
EX3	≥ 300		

La formación de la explanada depende del tipo de terreno natural encontrado en el fondo de los desmontes y caracterizado según las indicaciones del PG-3 en el Anejo nº6 Geología y Geotecnia, por lo que las características de los materiales del fondo de la excavación de los desmontes y que constituyen lo que se denomina Terreno Subyacente, son las que permiten llevar a cabo el dimensionamiento de la explanada.

A continuación se recoge una tabla resumen de la tramificación de los desmontes en el tramo en estudio y la clasificación según el PG-3 del material obtenido en el fondo de los desmontes en la campaña geotécnica realizada.

TRAMIFICACIÓN DE LOS DESMONTES	MATERIAL EN FONDO DE DESMONTE	CLASIFICACIÓN PG-3
P.K. 1+000 A P.K. 1+210	SUELO RESIDUAL	TOLERABLE
P.K. 1+210 A P.K. 1+370	S. ROCOSO G.M. IV	TOLERABLE/ADECUADO
P.K. 1+370 A P.K. 1+560	SUELO RESIDUAL	TOLERABLE
P.K. 1+620 A P.K. 1+720	S. ROCOSO G.M. II (III)	ADECUADO
P.K. 2+040 A P.K. 2+500	S. ROCOSO G.M. II (III)	ADECUADO

Se concluye que un 38% de los desmontes presentan un fondo de desmonte clasificado como tolerable y el 62% restante presentan un fondo de desmonte clasificado como adecuado.

Por lo que se puede considerar que en general, el material subyacente en las zonas de ampliación de la plataforma, es un suelo adecuado y que añadiendo 50 cm de suelo seleccionado tipo 4, se obtiene una explanada tipo EX2.

En las zonas donde se amplía la plataforma y se estima que no hay un metro de suelo adecuado en el terreno subyacente y que a priori se estima que son del orden del 38% anteriormente indicado, se realizará un cajeo y posterior relleno de 1,00 m de suelo adecuado procedente de excavación bajo la explanada, para obtener la categoría prevista, que se deberá comprobar en obra mediante el ensayo con placa de carga correspondiente.

Y en estas zonas se deberá tener especial cuidado en la construcción de los terraplenes para evitar posibles asentamientos diferenciales entre el nuevo terraplén y el terraplén existente bajo la carretera actual ya consolidado, siguiendo para ello las especificaciones marcadas en el informe geotécnico.

La superficie total de firme de la actuación proyectada, correspondiente a una sección transversal constituida por un ancho mínimo de plataforma de 7,0 m en tramo recto y un ancho máximo de 8,8 m en tramo en curva, variable éste en función del sobreancho de la curva, es de unos 14.776 m², de los cuales, unos 260 m² corresponden a la sección de firme especial del tablero del puente de Plazakola y unos 16 m² a la sección de firme especial a adoptar en el cruce existente del gas en el P.K. 2+380. Descontando estas superficies se tiene que unos 5.700 m² de firme irán sobre la plataforma existente de la carretera actual y 8.800 m² irán fuera de la plataforma existente.

El estudio geotécnico califica los rellenos de la plataforma de la carretera actual como rellenos antrópicos, de granulometría variable, mayormente granular, controlados en ejecución, por lo que el nuevo firme se podrá ejecutar sobre el existente sin necesidad de disponer de explanada mejorada y atendiendo a los criterios de aprovechamientos de firmes marcados en proyecto, por lo que se considera que bajo el firme existente se dispone de al menos 50 cm de suelo seleccionado, espesor necesario para alcanzar la categoría de explanada tipo EX2 para suelos adecuados.

Como conclusión final y a efectos de dimensionamiento del firme, la explanada seleccionada para toda la longitud de la actuación de mejora, es la EX2.

La tabla que se muestra a continuación, tomada de la Norma expone los criterios para la clasificación de explanadas dependiendo del tipo de suelo de la explanación o de la obra de tierra subyacente, y de las características y espesores de los materiales disponibles.

T.S.	INADECUADO IN	TOLERABLE 0	ADECUADO 1	SELECCIONADO	ROCA
EX1	3 6 4 30 S-EST1 20 IN >100 4 75 IN >100 S-EST2 22 S-EST1 20 IN >100 3 85 IN >100	3 6 4 50 0 >100 S-EST2 25 0 >100 S-EST1 30 0 >100	3 6 4 30 1 >100 S-EST1 22 1 >100	Explanada y relleno 20	HM-20 R
EX2	4 50 S-EST1 20 IN >100 4 100 IN >100 3 75 S-EST1 20 IN >100	3 50 S-EST1 20 0 >100 3 100 0 >100 4 80 0 >100 4 40 S-EST1 20 0 >100	3 6 4 50 1 >100	3 6 4 30 2 >100	3 6 4 20⁽¹⁾ HM-20 R
EX3	25 S-EST1 25 IN >100 25 S-EST1 25 IN >100	4 100 S-EST1 20 0 >100	4 70 S-EST1 25 1 >100	S-EST1 22 2 >100	4 20⁽¹⁾ HM-20 R

(1) Previa autorización de la Dirección de la Obra se podría evitar la colocación de esta capa con un refino adecuado del fondo de desmonte.

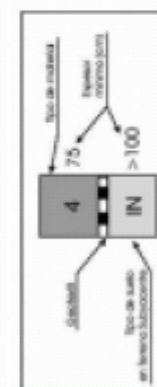


Figura 6.2. Catálogo de Secciones de Explanada mejorada

3. DEFINICIÓN DEL FIRME

3.1. CRITERIOS BASICOS

Para la definición de alternativas del firme a proyectar en las distintas calzadas, se toman como referencia por una parte las secciones estructurales propuestas en la Instrucción 6.1-I.C.: Secciones de firme, de la Dirección General de Carreteras así como las propuestas en la Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras del País Vasco.

Ambas Normas ofrecen una amplia gama de posibilidades entre las cuales se elegirán aquéllas que mejor se adapten a cada caso concreto, en función de factores técnicos, económicos, ambientales y constructivos.

En cuanto a factores de tipo técnico a tener en cuenta a la hora de proyectar la nueva sección de firme son los siguientes:

- Proyectar las distintas capas del firme considerando exclusivamente los materiales existentes en el territorio de Bizkaia, puesto que los elevados costes de transporte harían inviable la utilización de materiales procedentes de zonas alejadas.
- Tratar de emplear un paquete de firmes con un comportamiento estructural semejante al existente y al utilizado en la mejora del tramo anterior, de manera que no se produzcan asentamientos diferenciales ni ningún otro tipo de defecto derivado de la heterogeneidad de firmes en una misma sección transversal.
- Las capas que conformen la nueva sección de firme cumplirán con las especificaciones del PG-3 y se dispondrán de manera que permitan el correcto drenaje del firme actual.

3.2. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Se presentan a continuación las posibles alternativas que contempla la Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras del País Vasco, para la explanada EX2 considerada y para la categoría de tráfico T2B.

PROPUESTA DE SECCIONES DE FIRME DE LA NORMA DEL PAIS VASCO				
TIPO	MEZCLAS BITUMINOSAS	GRAVA CEMENTO	SUELO CEMENTO	ZAHORRA ARTIFICIAL
1.1	20 cm			25 cm
2.1	20 cm		25 cm	
2.2	15 cm	20 cm		20 cm

Se han descartado los firmes rígidos y se ha propuesto una alternativa para firme flexible sobre capa granular y dos alternativas para firme semirrígidos sobre materiales tratados con cemento

Todas las alternativas propuestas se basan en la utilización de mezclas bituminosas. La diferencia principal entre ellas estriba en el tipo de material de apoyo de las mezclas. La sección tipo 2.2, con apoyo de grava cemento y suelo cemento, permite reducir el espesor de las mezclas bituminosas, aumentando espesor de la capa de apoyo para no perder capacidad portante.

Los espesores de mezcla bituminosa indicados en las alternativas planteadas, correspondientes a los catálogos incluidos en la Norma de Firmes del País Vasco, responden a capas base de tipo semidenso (S) frente a las de tipo grueso (G), criterio que se ha seguido a la hora de la elección de las diferentes capas del paquete de firmes. La elección de capas base de tipo grueso hubiese implicado aumentar el espesor de firme, tal y como se indica en la citada norma.

Para la determinación de los espesores de cada una de las capas, se ha dado cumplimiento tanto a las especificaciones marcadas en la Norma de Firmes del País Vasco como a las recogidas en el PG3, a través de la Orden FOM 2523/2014.

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.

Las mezclas bituminosas discontinuas se utilizan para capas de rodadura en espesores reducidos de dos a tres centímetros (2 a 3 cm).

Tabla 7.1. Utilización de mezclas bituminosas en la capa rodadura

Velocidad específica del tramo(km/h)	Inclinación (%)	Categoría de tráfico pesado	Espesor (cm) y tipo de mezcla bituminosa en capa de rodadura							
			AC D	AC S	PA ⁽¹⁾	BBTM A	BBTM B	MAF	TS	MICROF
>90	<5	T00 - T2A		6 (AC22 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/8 A)	3 (BBTM 11/8 B)			
		T2B - T3A		5 (AC16 surf S)						
		T3B		4 - 5 (AC16 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/8 A)	3 (BBTM 11/8 B)	6 (AF20)		
		T4						4-5 (AF12)		(MICROF 8) ⁽²⁾
	≥5	T00 - T2A		6 (AC22 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/8 A)	3 (BBTM 11/8 B)			
		T2B - T3A		5 (AC16 surf S)						
		T3B		4 - 5 (AC16 surf S)		3 (BBTM 11/8 A)		6 ⁽¹⁾ (AF20)		
		T4						4-5 ⁽¹⁾ (AF12)		(MICROF 8) ⁽²⁾
≤90	<5	T00 - T2A		6 (AC22 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/8 A)	3 (BBTM 11/8 B)			
		T2B - T3A		5 (AC16 surf S)						
		T3B		4 - 5 (AC16 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/8 A)	3 (BBTM 11/8 B)	6 (AF20)		
		T4A						4-5 (AF12)	(DTS o TTS) ⁽³⁾	(MICROF 8) ⁽²⁾
		T4B	4 - 5 (AC16 surf D)							
	≥5	T00 - T2A		6 (AC22 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/8 A)	3 (BBTM 11/8 B)			
		T2B - T3A		5 (AC16 surf S)						
		T3B		4 - 5 (AC16 surf S)		3 (BBTM 11/8 A)		6 ⁽¹⁾ (AF20)		
		T4A						4-5 ⁽¹⁾ (AF12)	(DTS o TTS) ⁽³⁾	(MICROF 8) ⁽²⁾
		T4B	4 - 5 (AC16 surf D)							

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 ⁽¹⁾	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)
Base ⁽²⁾	AC S ó D	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)	
		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)		
	AC MAM	T00 - T3A				7 - 13 (AC base 22 MAM)	
	GE	T3B - T4					5-12 (GEA 1)

 ESPECIALMENTE RECOMENDABLE.
  UTILIZABLE

Las alternativas de firme propuestas en el análisis comparativo son las siguientes:

SECCIÓN TIPO 1.1

Solución con mezclas bituminosas continuas sobre base de zahorra

CAPA		ESPESOR
RODADURA	MB AC16 SURF S	0,05
INTERMEDIA	MB AC22 BIN S	0,06
BASE	MB AC32 BASE S	0,09
ZAHORRA		0,25

Solución con mezclas bituminosas discontinuas sobre base de zahorra

CAPA		ESPESOR
RODADURA	BBTM A	0,03
INTERMEDIA	MB AC22 BIN S	0,08
BASE	MB AC32 BASE S	0,12
ZAHORRA		0,25

SECCIÓN TIPO 2.1

Solución con mezclas bituminosas continuas sobre base de suelo-cemento

CAPA		ESPESOR
RODADURA	MB AC16 SURF S	0,05
INTERMEDIA	MB AC22 BIN S	0,06
BASE	MB AC32 BASE S	0,09
SUELO-CEMENTO		0,25

Solución con mezclas bituminosas discontinuas sobre base de suelo-cemento

CAPA		ESPESOR
RODADURA	BBTM A	0,03
INTERMEDIA	MB AC22 BIN S	0,08
BASE	MB AC32 BASE S	0,12
SUELO-CEMENTO		0,25

SECCIÓN TIPO 2.2

Solución con mezclas bituminosas continuas sobre subbase de grava-cemento y base de suelo-cemento

CAPA		ESPESOR
RODADURA	MB AC16 SURF S	0,05
INTERMEDIA		
BASE	MB AC32 BASE S	0,10
GRAVA-CEMENTO		0,20
SUELO-CEMENTO		0,20

Solución con mezclas bituminosas discontinuas sobre subbase de grava-cemento y base de suelo-cemento

CAPA		ESPESOR
RODADURA	BBTM A	0,03
INTERMEDIA	MB AC22 BIN S	0,05
BASE	MB AC32 BASE S	0,10
GRAVA-CEMENTO		0,20
SUELO-CEMENTO		0,20

3.3. ESTUDIO ECONÓMICO

Para evaluar económicamente el coste de cada una de las posibles secciones de firme de proyecto se han considerado las principales unidades de obra y se han aplicado los correspondientes precios unitarios, con el fin de obtener unos costes de construcción del metro cuadrado de la nueva calzada.

A continuación se recoge una tabla con los precios unitarios utilizados en la comparación. Las unidades de obra referentes al capítulo de firmes que se indican, han sido extraídas del banco de precios utilizado en el Presupuesto del Proyecto.

UNIDAD DE OBRA	UD	PRECIO (€)
EXPLANADA MEJORADA, MAT.SELECCIONADO DE CANTERA	M3	20,12
BASE GRANULAR ZAHORRA	M3	30,01
SUELO CEMENTO	M3	56,04
BASE DE GRAVA-CEMENTO	M3	65,02
EMULSION BITUMINOSA EN RIEGO IMPRIMACION	T.	456,12
EMULSION BITUMINOSA TERMOADHERENTE EN RIEGO DE ADHERENCIA.	T.	567,05
EMULSION BITUMINOSA TERMOADHERENTE MODIFICADA EN RIEGO ADHERENCIA	T.	675,77
EMULSION ASFALTICA EMPLEADO EN RIEGO DE CURADO.	T.	441,10
BETUN EN MEZCLAS BITUMIN. EN CALIENTE	T.	519,27
BETÚN ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLÍMEROS, BM-3c	T.	612,98
FILLER DE APORTACION	T.	123,69
MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE TIPO AC32 BASE S CALIZO (ANTIGUO S-25)	T.	37,51
MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE TIPO AC22 BIN S CALIZO (ANTIGUO S-20)	T.	38,02
MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE TIPO AC SURF 16 S OFITICO (ANTIGUO S-12)	T.	44,01
MICROAGLOMERADO DISCONT. EN CALIENTE BBTM 11A OFITICO (ANTIGUO F-10)	T.	46,66

A continuación se calcula en base a estos precios el coste de cada una de las alternativas propuestas para su comparativa económica:

SECCIÓN	ALTERNATIVA	CAPA	ESPEJOR	COSTE (€/M ²)
TIPO 1.1	continua	RODADURA MB AC16 SURF S	0,05	42,49
		INTERMEDIA MB AC22 BIN S	0,06	
		BASE MB AC32 BASE S	0,09	
		BETUN	5%	
		FILLER	5%	
		RIEGO ADH	2 CAPAS	
		RIEGO IMP	1 CAPA	
		ZAHORRA	0,25	
TIPO 1.1	discontinua	RODADURA BBTM A	0,03	47,30
		INTERMEDIA MB AC22 BIN S	0,08	
		BASE MB AC32 BASE S	0,12	
		BETUN	5%	
		BETUN MOD	5%	
		FILLER	5%	
		RIEGO ADH	1 CAPA	
		RIEGO ADH MOD	1 CAPA	
		RIEGO IMP	1 CAPA	
		ZAHORRA	0,25	

SECCIÓN	ALTERNATIVA	CAPA	ESPEJOR	COSTE (€/M ²)
TIPO 2.1	continua	RODADURA MB AC16 SURF S	0,05	49,55
		INTERMEDIA MB AC22 BIN S	0,06	
		BASE MB AC32 BASE S	0,09	
		BETUN	5%	
		FILLER	5%	
		RIEGO ADH	3 CAPAS	
		RIEGO DE CURADO	1 CAPA	
		SUELO-CEMENTO	0,25	
TIPO 2.1	discontinua	RODADURA BBTM A	0,03	54,36
		INTERMEDIA MB AC22 BIN S	0,08	
		BASE MB AC32 BASE S	0,12	
		BETUN	5%	
		BETUN MOD	5%	
		FILLER	5%	
		RIEGO ADH	2 CAPAS	
		RIEGO ADH MOD	1 CAPA	
		RIEGO DE CURADO	1 CAPA	
		SUELO-CEMENTO	0,25	

SECCIÓN	ALTERNATIVA	CAPA	ESPESOR	COSTE (€/M ²)
TIPO 2.2	continua	RODADURA MB AC16 SURF S	0,05	52,18
		INTERMEDIA		
		BASE MB AC32 BASE S	0,10	
		BETUN	5%	
		FILLER	5%	
		RIEGO ADH	3 CAPAS	
		RIEGO DE CURADO	2 CAPAS	
		GRAVA-CEMENTO	0,2	
		SUELO-CEMENTO	0,2	
TIPO 2.2	discontinua	RODADURA BBTM A	0,03	57,03
		INTERMEDIA MB AC22 BINS	0,05	
		BASE MB AC32 BASE S	0,10	
		BETUN	5%	
		BETUN MOD		
		FILLER	5%	
		RIEGO ADH	2 CAPAS	
		RIEGO ADH MOD	1 CAPA	
		RIEGO DE CURADO	2 CAPAS	
		GRAVA-CEMENTO	0,2	
		SUELO-CEMENTO	0,2	

RESUMEN COMPARACIÓN ECONÓMICA SECCIÓN DE FIRME		
SECCIÓN	ALTERNATIVA	COSTE (€/M ²)
TIPO 1.1	continua	42,49
TIPO 1.1	discontinua	47,30
TIPO 2.1	continua	49,55
TIPO 2.1	discontinua	54,36
TIPO 2.2	continua	52,18
TIPO 2.2	discontinua	57,03

4. ELECCION DEL FIRME

4.1. SECCIÓN TIPO EN EL TRONCO E INTERSECCIONES

Para diseñar la sección estructural, tanto del tronco, como de las intersecciones diseñadas, por continuidad con el tramo anterior en cuanto a la capa de apoyo, se ha elegido una Sección tipo 1.1 y dentro de este tipo se elige la opción planteada con mezcla bituminosa discontinua en la capa de rodadura, debido que el valor de la IMD para el año de puesta en servicio está muy próxima a 8.000 veh/día.

Por lo tanto la sección de firme adoptada estará constituida por las siguientes capas:

- 50 centímetros de suelo “seleccionado” de cantera tipo 4 para la formación de la explanada mejorada
- Subbase de 25 cm de zahorra artificial.
- Riego de imprimación C60BF4 IMP (1 kg/m2) (Antiguo ECL-1).
- 12 centímetros de capa de base de mezcla bituminosa en caliente AC32 base S (antigua S-25) caliza,
- Riego de Adherencia con emulsión termoadherente C60B3 TER (1 kg/m2) (Antiguo ECR-1).
- 8 centímetros de capa intermedia de mezcla bituminosa en caliente AC22 bin S (antigua S-20) caliza,
- Riego de Adherencia con emulsión termoadherente modificada C60BP3 TER (0,5 kg/m2) (Antiguo ECR-2).
- 3 centímetros de capa rodadura de mezcla bituminosa en caliente discontinua BBTM 11A (antigua F-10) ofítica.

En donde se realice aprovechamiento de firmes la capa de rodadura se extenderá en su totalidad, debiendo fresar para ello el firme existe el espesor que sea necesario, pero como mínimo se tiene que fresar hasta conseguir un espesor de 3 cm. Y para alcanzar la cota de la rasante proyectada bajo la capa de rodadura se dispondrán las capas de mezcla bituminosa AC22 bin S y AC22 base G y capa de zahorra, que sean necesarias para alcanzar la cota proyectada con los correspondientes riegos intermedios. Los espesores de las capas según el

incremento de cota de la nueva rasante con la actual se indican en el **Plano nº 5 Secciones Tipo**.

4.2. SECCIÓN TIPO EN TABLEROS O LOSAS DE OBRAS DE PASO

Sobre la losa de las estructuras, tanto en la losa sobre el puente, como sobre las estructuras de voladizos, se dispondrá, según indica la Norma del País Vasco para obras de paso y tráfico T2, la siguiente sección tipo:

- Lámina impermeabilizante
- Riego de Adherencia con emulsión termoadherente C60B3 TER (1 kg/m²) (Antiguo ECR-1).
- 8 centímetros de capa intermedia de mezcla bituminosa en caliente AC22 bin S (antigua S-20) caliza,
- Riego de Adherencia con emulsión termoadherente modificada C60BP3 TER (0,5 kg/m²) (Antiguo ECR-2).
- 3 centímetros de capa rodadura de mezcla bituminosa en caliente discontinua BBTM 11A (antigua F-10) ofítica.

4.3. SECCIÓN TIPO ESPECIAL

En el tramo entre el P.K. 2+377 y P.K. 2+379, que hay un cruce de gas existente que atraviesa la calzada y no se le afecta con la obra proyectada, y que hay que mantener por el elevado costo que supondría su desvío al ser una tubería de gas de alta presión, al situarse el gas a una cota alta respecto de la cota de la nueva rasante, y quedar un recubrimiento desde cota de rasante futura y cota superior de tubo, insuficiente para disponer losa de protección, es necesario adoptar una sección tipo de firme diferente a la adoptada en el tronco e ir a una sección más rígida, constituida por las siguientes capas:

- 50 centímetros de suelo “seleccionado” de cantera tipo 4 para la formación de la explanada mejorada, en la parte de la sección donde no esté la tubería de gas.
- 30 centímetros de hormigón magro HM-20.
- Riego de curado C60B3 CUR (1 kg/m²) (Antiguo ECR-1).
- 8 centímetros de capa intermedia de mezcla bituminosa en caliente AC22 bin S (antigua S-20) caliza,
- Riego de Adherencia con emulsión termoadherente modificada C60BP3 TER (0,5 kg/m²) (Antiguo ECR-2).
- 3 centímetros de capa rodadura de mezcla bituminosa en caliente discontinua BBTM 11A (antigua F-10) ofítica.

4.4. SECCIÓN TIPO EN ACCESOS Y CAMINOS

Para la reposición de los caminos se ha proyectado el siguiente paquete de firmes, similar al existente.

Para el caso de accesos con firme de hormigón,

- 25 centímetros de zahorra artificial.
- 30 centímetros de hormigón en masa HM-20.

Para el caso accesos con firme de aglomerado asfáltico, se elige una solución para tráfico T4B y explanada EX2, que está definida por las siguientes capas:

- 50 centímetros de suelo “seleccionado” de cantera tipo 4 para la formación de la explanada mejorada.
- 30 centímetros de subbase de zahorra artificial.
- Riego de imprimación C60BF4 IMP (1 kg/m²) (Antiguo ECL-1).
- 5 centímetros de capa rodadura de mezcla bituminosa en caliente AC16 surf S (antigua S-12) ofítica.

Para el caso de firme en pistas y caminos forestales:

- 30 centímetros de zahorra artificial.

La unión de los viales proyectados con los viales existentes se realizará mediante el fresado de la rodadura y el posterior afirmado de dicha capa.

4.5. PAVIMENTOS PEATONALES

La pavimentación a utilizar en las aceras es la siguiente:

- 15 centímetros de subbase de zahorra artificial.
- 15 centímetros de solera de hormigón en masa HM-20.
- Riego de curado con emulsión asfáltica (1 kg/m²) tipo C60B3 (antiguo ECR-1).
- 4 centímetros de base de mezcla bituminosa AC16 surf D (antigua D12).

En la zona de la intersección BI-2405 los itinerarios peatonales básicos creados de conexión entre paradas de bus, son aceras de resguardo a las que se les da el carácter de cuneta transitable y consistirán en la siguiente sección tipo:

- 15 centímetros de subbase de zahorra artificial.
- 15 centímetros de solera de hormigón en masa HM-20.