

ANEJO N° 6

FIRMES Y PAVIMIENTOS



LKS INGENIERÍA, S.COOP.



Anejo 06. Firmes y Pavimentos

Proyecto
**PROYECTO DE TRAZADO DEL ACCESO AL CAMPUS DEL PARQUE
TECNOLÓGICO DE EZKERRALDEA / MEATZALDEA.**

Promotor
Parque Tecnológico, S.A y Diputación Foral de Bizkaia

Fecha
Febrero 2018

Autor
Azucena Marquinez
Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos





ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN3

2. METODOLOGÍA A SEGUIR.....3

2.1. Normativa3

2.2. Criterios de diseño3

3. ANÁLISIS DE TRÁFICO4

3.1. Introducción4

3.2. Tráfico según la Norma 6.1-I.C.....4

3.3. Tráfico según la Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras del País Vasco.....4

3.4. Crecimiento de tráfico5

3.5. Cálculo de las categorías de tráfico6

4. SELECCIÓN DE LA EXPLANADA MEJORADA9

4.1. Explanada en Rellenos9

4.2. Explanada en Desmontes9

4.3. SECCIONES TIPO10

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente Anejo es definir el paquete de firme a disponer en los viales de la nueva variante. Se considerará, así mismo, teniendo en cuenta las recomendaciones del anejo de geotecnia, la categoría de explanada a utilizar y el modo de conseguirla.

2. METODOLOGÍA A SEGUIR

2.1. Normativa

Para el dimensionamiento del firme en los distintos viales del Proyecto se va a aplicar la normativa contenida en la Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, que aprueba la norma 6.1-IC "Secciones de Firme", de la Instrucción de Carreteras. Esta norma es de aplicación para todos los proyectos y a las obras de firmes de nueva construcción, de acondicionamiento, o de reconstrucción total de firmes existentes en carreteras.

También es aplicable la "Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras el País Vasco", aprobada el 12 de julio de 2007, por la Consejera de Transportes y Obras Públicas y revisada y ampliada en noviembre 2012. Esta norma es de aplicación a todos los proyectos de firmes de nueva construcción en el País Vasco, así como los proyectos de reconstrucción.

Por último, se ha tenido en cuenta las indicaciones contempladas en el Decreto Foral 112/2013 que desarrolla la Norma Foral 2/2011 de 24 de marzo de Carreteras de Bizkaia, cuyo objetivo es el establecimiento de las disposiciones que han de regular la planificación, proyección, modificación, construcción, conservación, financiación, uso y explotación de las carreteras forales de Bizkaia, así como establecer las condiciones y limitaciones de uso del suelo adyacente.

2.2. Criterios de diseño

En los siguientes apartados se estudian los diferentes paquetes de firme a disponer en los nuevos viales de los Accesos al Campus del Parque Tecnológico de Ezkerraldea/Meatzaldea, que son función de las características del terreno sobre el que se va a disponer y del tráfico.

Para el dimensionamiento del paquete de firmes se ha seguido la siguiente metodología:

- Análisis de tráfico que soportará el firme.
- Análisis geotécnico de los terrenos y definición de obras de tierra.
- Identificación de suelos y materiales disponibles para explanadas y capas de firme, incluyendo residuos o materiales secundarios.
- Definición de la explanada mejorada.
- Dimensionamiento de los firmes y selección de la capa de rodadura.

Para ello, se ha realizado un Estudio de Tráfico, que viene recogido en el anejo correspondiente, y un Estudio Geotécnico que define las características del terreno actual e identifica los suelos y materiales disponibles. Estos datos también se recogen en su anejo correspondiente.

3. ANÁLISIS DE TRÁFICO

3.1. Introducción

Para el dimensionamiento del firme de una carretera es necesario conocer previamente el tráfico que se prevé durante el periodo de proyecto.

Es por ello, que el objetivo del Estudio de Tráfico realizado nos permita conocer la IMD total de vehículos previstos en el año de puesta en servicio del tramo, el porcentaje de vehículos pesados, el Tráfico de Proyecto y con ello, la categoría de Tráfico de Proyecto.

Para la asignación del tráfico esperado por carriles se procederá de la siguiente manera:

- En calzadas de dos carriles y con doble sentido de circulación, incide sobre cada carril la mitad de los vehículos pesados que circulan por la calzada.
- En calzadas de dos carriles por sentido de circulación, en el carril exterior se considera la categoría de tráfico pesado correspondiente a todos los vehículos pesados que circulan en ese sentido.

3.2. Tráfico según la Norma 6.1-I.C.

Para el dimensionamiento del firme, la Instrucción 6.1-I.C consideran ocho categorías de tráfico clasificadas en función de la Intensidad Media Diaria de Vehículos Pesados (IMDp) que se prevea vayan a solicitar el carril de proyecto en el año de puesta en servicio.

CATEGORIA	IMDp
T00	IMDp $\geq$ 4.000
T0	4.000 > IMDp $\geq$ 2.000
T1	2.000 > IMDp $\geq$ 800
T2	800 > IMDp $\geq$ 200
T31	200 > IMDp $\geq$ 100
T32	100 > IMDp $\geq$ 50
T41	50 > IMDp $\geq$ 25
T42	IMDp < 25

Salvo justificación en contrario, en las vías de servicio no agrícolas de autopistas, autovías y otras carreteras de calzadas separadas (excepto en las de categorías de tráfico pesado T00 y T0, para las que es preceptivo un estudio específico) se podrán considerar secciones estructurales especificadas para dos categorías de tráfico pesado menos que la que corresponda a la calzada principal.

Donde se justifique que los ejes de los vehículos pesados pueden estar especialmente sobrecargados, deberá considerarse la posibilidad de adoptar una categoría de tráfico pesado inmediatamente superior, sobre todo en los valores próximos al límite superior de la categoría correspondiente. Del mismo modo podrá procederse en los casos de tramos en rampa con inclinaciones medias superiores al 5% (o superiores al 3% cuya longitud sea superior a 500 m).

Las previsiones de tráfico para todos los viales proyectados para el año de puesta en servicio, se han analizado previamente en el "Anejo nº 5: Estudios de Tráfico".

Del análisis de los datos de aforo de tráfico por sentidos registrados en los últimos años se revela que el reparto por carriles que mejor se ajusta a este estudio es el 50/50.

3.3. Tráfico según la Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras del País Vasco

La norma de firmes de la red de carreteras del País Vasco considera como tráfico de Proyecto el número acumulado de vehículos pesados que se prevé que circularán por el carril de proyecto durante el periodo de proyecto.

El tráfico de proyecto se clasificará así en seis categorías de tráfico:

CATEGORIA		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

El tráfico de proyecto, según esta Norma, se calcula según la siguiente expresión:

$$TP = IMD_p^{APS} \times 365 \times F \times Y_T$$

Donde,

IMD_p^{APS} : Intensidad Media Diaria de vehículos pesados en el año de puesta en servicio el tramo.

F: Factor de crecimiento del tráfico de vehículos pesados durante el periodo de proyecto.

Y_T : Coeficiente de ponderación de las cargas de tráfico.

Se considerando que el año de puesta en servicio será tres años después de la fecha de redacción de este proyecto, por lo que se calcula el tráfico para el año 2020: IMD_p^{2020} .

El coeficiente de ponderación se calcula con la siguiente expresión: $Y_T = Y_C \cdot Y_R \cdot Y_L$

Siendo,

Y_C : Coeficiente de asignación del tráfico pesado al carril de proyecto.

Y_R : Coeficiente que tiene en cuenta la variabilidad en la estimación del tráfico de proyecto.

Y_L : Coeficiente que tiene en cuenta la influencia de la pendiente longitudinal del tramo objeto del proyecto.

3.4. Crecimiento de tráfico

En el cálculo estructural de las secciones de firme, para obtener el número total de ejes en los veinte años de vida útil considerados, se utiliza una tasa de crecimiento del 2 y del 4 %, tal y como la que se prescribe en el Apartado 5 de la Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras del País Vasco.

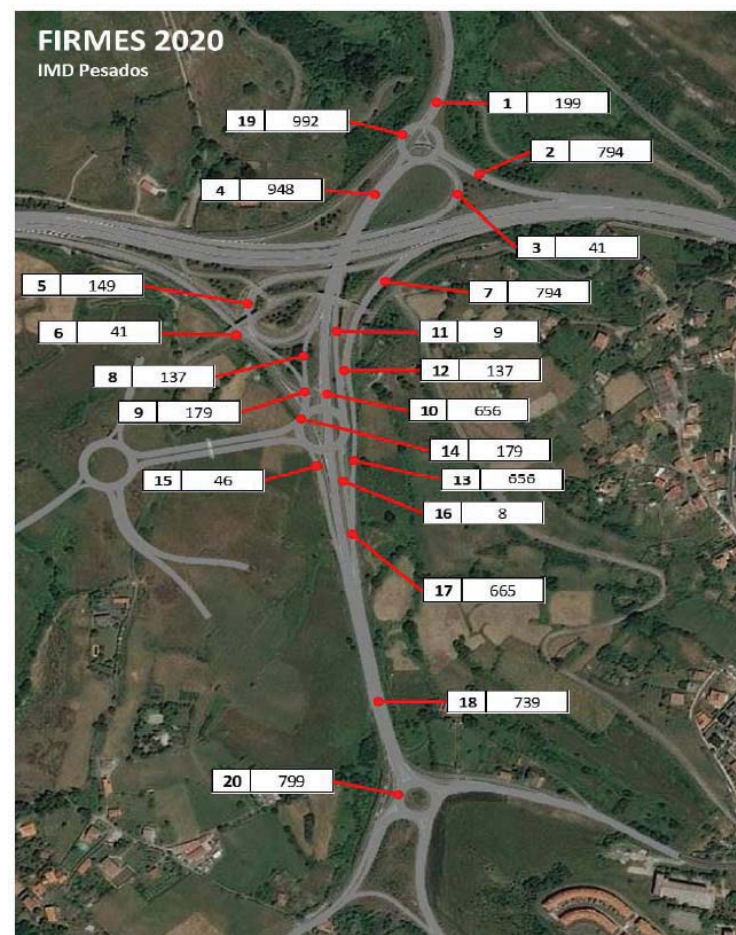
En las prescripciones de la instrucción 6.1-I.C se encuentra implícita una tasa de crecimiento similar, puesto que fijado un tráfico en el año de puesta en servicio y la tasa del 4 %, se obtiene directamente el número total de vehículos a lo largo de la vida útil, resultando ambos planteamientos equivalentes.

Esta tasa no tiene relación alguna con la que se emplea en el estudio de capacidad, a menos que se pueda estimar de manera razonada que se producirá un crecimiento superior, el empleo de una tasa fija del 4 % tiene el carácter, prácticamente único, de margen de seguridad del firme frente a su agotamiento por fatiga.

Partimos de los datos obtenidos de los aforos del Estudio de tráfico. En dicho estudio, se considera como año inicial el 2020 que previsiblemente será el año de la puesta en servicio de la infraestructura. El cálculo de las IMD_p se recoge en el estudio de tráfico

,recogiendo en el caso de carretera de doble carril de circulación, el número de pesados en el carril más desfavorable..

El Estudio de tráfico considera un crecimiento del 2% atendiendo a las normas forales. Por tanto, para ese año horizonte tenemos:



EVOLUCIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS EN LA SECCIÓN REPRESENTATIVA

num	Eje	Sección tipo	IMDp 2020	IMDp 2040
1	Eje 1	N-639 rotonda norte hacia Zierbena	199	245
2	Eje 4	A-8 desde Bilbao a rotonda norte	794	950
3	Eje 17-18	Rotonda Norte hacia Santander	41	50
4	Eje 1	N-639 (rotonda norte hacia rotonda Parque)	948	1140
5	Eje 11	Ramal entrada A-8 hacia Bilbao	149	185
6	Eje 10	Ramal salida A-8 hacia rotonda Parque	41	50
7	Eje 15	Ramal entrada A-8 hacia Bilbao	794	950
8	Eje 11	Ramal N-639 a rotonda Parque	137	137
9	Eje 11	Ramal N-639 a rotonda Parque	179	188
10	Eje 1	N-639 (entre muros)	656	813
11	Eje 14	Ramal salida rotonda Parque hacia rotonda Norte	9	9
12	Eje 15	Ramal salida rotonda Parque hacia A-8	137	137
13	Eje 16	Ramal Bao - Bilbao	656	813
14	Eje 2	Rotonda Parque	179	137
15	Eje 12	Ramal rotonda Parque hacia Bao	46	55
16	Eje 13	Ramal Bao hacia rotonda Parque	8	8
17	Eje 16	Ramal Bao - Bilbao	665	821
18	Eje 1	N-639 junto a rotonda Bao	739	905
19	Eje 3	Rotonda Norte	992	1195
20	Sin eje	Rotonda Bao	799	987

En la tabla anterior se recoge la evolución de la Intensidad Media Diaria de pesados entre el año de puesta en servicio y el año horizonte 2040, datos recogidos del Anejo Estudio de tráfico desarrollado en el presente Proyecto.

3.5. Cálculo de las categorías de tráfico

Bajo las condiciones descritas, las categorías de tráfico que se obtienen según la Norma 6.1-I.C. y la Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras del País Vasco, para los diferentes ejes que componen el presente proyecto, son las mostradas en la tabla de la página siguiente.

• Norma 6.1-IC "Secciones de Firme", de la Instrucción de Carreteras

En aplicación de la norma 6.1-IC "Secciones de Firme", de la Instrucción de Carreteras, las categorías de tráfico en el año de puesta en servicio 2020 aplicables a las secciones de firme de los viales principales de este proyecto son la T1 y T2, mientras que, en los ramales de entrada y salida a la rotonda elevada del Parque Tecnológico, son tráficos de categoría T31, T41 y T42.

• Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras del País Vasco

Si aplicamos esta norma para categorizar el tráfico, tenemos:

Tráfico de Proyecto: $T = \text{IMDpAPS} \times 365 \times F \times Y_T$

El coeficiente de ponderación se calcula con la siguiente expresión: $Y_T = Y_C \cdot Y_R \cdot Y_L$

En nuestro caso, y atendiendo a las consideraciones de la Norma, tenemos los siguientes valores para determinar el coeficiente de ponderación. Para la N-639 y el ramal de salida de la A-8 tenemos:

$Y_C = 0,50$ (calzada única con ancho mayor a 6 m)

$Y_R = 1,40$ (red de interés preferente y la IMD es cercana a los 20,000)

$Y_L = 1,00$ (pendientes de carretera inferiores al 5%)

Luego, el valor del coeficiente de ponderación será: $Y_T = 0,50 \times 1,40 \times 1,00 = 0,70$

Para el caso de los ramales de entrada y salida de la rotonda elevada tenemos:

$Y_C = 1,00$ (calzada única con ancho menor de 5 m)

$Y_R = 1,20$ (red principal y la IMD es menor de los 10,000)

$Y_L = 1,00$ (pendientes de carretera superiores al 5% pero de unas longitudes inferiores a 500 m)

Luego, el valor del coeficiente de ponderación será: $Y_T = 1,00 \times 1,20 \times 1,00 = 1,20$

El factor de crecimiento F , introduce en la estimación del tráfico el incremento de tráfico pesado que se espera circulen por la variante durante el periodo de proyecto considerado. El periodo de proyecto considerado será de 20 años, tal como solicita la Norma.

Para estimar la fase de crecimiento anual del tráfico de vehículos pesados, se adopta una fase constante del 2%, por lo tanto, $F = [(1 + r)^n - 1] / r$, que será $F = 25$.

Con todo ello, en la aplicación de esta normativa, las categorías de tráfico aplicables a las secciones de firme de los viales principales de este proyecto para el año horizonte 2040 son la T2A y T3A, mientras que, en los ramales de entrada y salida a la rotonda elevada del Parque Tecnológico, son tráficos de categoría T3A, T3B, T4A y T4B.

num	Eje	Sección tipo	6.1-IC		NORMA FORAL DE CARRETERAS				
			IMDp 2020	Categoría Tráfico en 2020	Tráfico de Proyecto en 2040				Categoría Tráfico en 2040
					Y _T	F	IMDp 2020	$T = \text{IMDpAPS} \times 365 \times F \times Y_T$	
1	Eje 1	N-639 rotonda norte hacia Zierbena	199	T31	0,70	25	199	1,270 millones	T3A
2	Eje 4	Salida A-8 desde Bilbao a rotonda norte	794	T2	0,70	25	794	5,071 millones	T2A
3	Eje 17-18	Rotonda Norte hacia Santander	41	T41	0,70	25	41	0,261 millones	T4A
4	Eje 1	N-639 (rotonda norte hacia rotonda Parque)	948	T1	0,70	25	948	6,055 millones	T2A
5	Eje 10	Ramal salida A-8 hacia rotonda Parque	41	T41	0,70	25	41	0,261 millones	T4A
6	Eje 15	Ramal entrada A-8 hacia Bilbao	794	T2	0,70	25	794	5,071 millones	T2A
7	Eje 11	Ramal N-639 a rotonda Parque	137	T31	1,20	25	137	0,875 millones	T3B
8	Eje 11	Ramal N-639 a rotonda Parque	179	T31	1,20	25	179	1,500 millones	T3A
9	Eje 1	N-639 (entre muros)	656	T2	0,70	25	656	4,190 millones	T2B
10	Eje 14	Ramal salida rotonda Parque a rotonda Norte	9	T42	1,20	25	9	0,098 millones	T4B
11	Eje 15	Ramal salida rotonda Parque hacia A-8	137	T31	1,20	25	137	1,500 millones	T3A
12	Eje 16	Ramal Bao - Bilbao	656	T2	0,70	25	656	4,190 millones	T2B
13	Eje 2	Rotonda Parque	179	T31	0,70	25	179	1,143 millones	T3B
14	Eje 12	Ramal rotonda Parque hacia Bao	46	T41	1,20	25	46	0,503 millones	T4A
15	Eje 13	Ramal Bao hacia rotonda Parque	8	T42	1,20	25	8	0,096 millones	T4B
16	Eje 16	Ramal Bao - Bilbao	665	T2	0,70	25	665	4,247 millones	T2B
17	Eje 1	N-639 junto a rotonda Bao	739	T2	0,70	25	739	4,720 millones	T2A
18	Eje 3	Rotonda Norte	992	T1	0,70	25	992	6,336 millones	T2A
19	Sin eje	Rotonda Bao	799	T2	0,70	25	799	5,103 millones	T2A
20	Eje 7	Entrada hacia Parque	155	T31	0,70	25	155	0,990 millones	T3B
21	Eje 8	Salida Parque	155	T31	0,70	25	155	0,990 millones	T3B

Cara a homogeneizar categorías de tráfico para el diseño de los firmes, dada la proximidad entre T2A y T2B en los casos que tenemos, se consideran las siguientes categorías:

N-639, Eje4 (ramal da salida de la A8), Eje 3 y Eje 16 : T2A

Resto de tráficos T3A, T3B, T4A y T4B según tabla anterior.

4. SELECCIÓN DE LA EXPLANADA MEJORADA

Se entiende por Explana Mejorada el conjunto de capas de suelos de materiales de aportación, o la estabilización de los existentes, que se encuentran bajo el firme y cuya finalidad es mejorar y homogeneizar la capacidad de soporte del cimiento del firme, facilitar las labores de construcción, proteger los suelos de la acción del agua mediante impermeabilización o evacuación, y obtener las superficies geométricas precisas.

La Explanada Mejorada se apoya sobre el terreno subyacente, consistente en el terreno natural en fondos de desmonte, los suelos o materiales de aportación en núcleo de terraplenes o en capa de transición de pedraplenes o rellenos todo uno, y ambas formaciones en las secciones a media ladera.

Partiendo de las consideraciones establecidas en la "Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras el País Vasco", existen 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. En nuestro caso, para una categoría de T2A, la explanada será EX2 o bien EX3. Y para categoría de tráfico T4B pueden ser los tres tipos, es decir, EX1, EX2 y EX3. Para homogeneizar el trazado, se considera alcanzar una explanada tipo EX2.

En función de la categoría de Explanada Mejorada y del tipo de Terreno Subyacente, se definen las posibles soluciones para Secciones de Explanada Mejorada. La elección también dependerá de los materiales disponibles para su formación, del coste global de la solución y de los condicionantes medioambientales.

4.1. Explanada en Rellenos

Se ejecutan con material adecuado/seleccionado. En líneas generales se estima que para la preparación del terreno de apoyo será necesario el saneo de entre el primer metro-metro y medio de terreno (que eliminará la tierra vegetal y suelos más flojos), además habrá que realizar las bermas y el drenaje adecuado

La coronación del terraplén con suelo adecuado debe poseer un mínimo de 50 cm suelo seleccionado tipo 3 o 4 y que cumpla el resto de prescripciones del vigente PG-3.

4.2. Explanada en Desmontes

En el caso de los desmontes, dependiendo de la caracterización del material del fondo de los mismos, la explanada se obtendrá según se indica a continuación.

En el caso de que la excavación se produzca en suelos se adoptará la misma solución comentada anteriormente para la explanada en rellenos.

En el caso de que se produzca en roca, la explanada se obtendrá regularizando con HM-20 y 20 cm de suelo seleccionado tipo 3 o 4, quedado este último supeditado a decisión de la Dirección de Obra.

La cota de la explanada deberá quedar al menos a sesenta centímetros (60 cm) por encima del nivel más alto previsible de la capa freática donde el macizo de apoyo esté formado por suelos seleccionados; a ochenta centímetros (80 cm) donde esté formado por suelos adecuados; a cien centímetros (100 cm) donde sean tolerables, y a ciento veinte centímetros (120 cm) donde sean marginales o inadecuados.

4.3. SECCIONES TIPO

Las secciones tipo diseñadas, se proyectan considerando exclusivamente los materiales existentes en el territorio de Bizkaia, teniendo en cuenta que los elevados costes de transporte harían inviable la utilización de materiales procedentes de zonas alejadas.

Por ello, las secciones propuestas son las siguientes:

Secciones tipo 1.1

		EX1	EX2	EX3 (*)
T00			37 25 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21	32 25 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21
T0			33 25 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21	28 25 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21
T1	T1A		29 25 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21	24 25 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21
	T1B		26 25 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21	22 25 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21
T2	T2A		24 25 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21	19 25 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21
	T2B	20 35 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21	20 25 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21	16 25 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21
T3	T3A	17 35 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21	17 25 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21	--
	T3B	15 35 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21	14 25 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21	--
T4	T4A	10 40 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21	10 30 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21	--
	T4B	5 40 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21	5 30 MEZCLAS BITUMINOSAS ZAHORRA ARTIFICIAL 21	--

(*) Sólo secciones de Explanada Mejorada con coronación de suelo seleccionado tipo 4.
Nota: Espesores en cm

Los tráficos T4A-T4B y T3B se han agrupado para garantizar un mínimo de espesor de mezclas bituminosas de 15 cm, que garantice poder ejecutar la capa de rodadura solicitada como criterio base que es un F-10, por criterios de conservación de la red, es por ello que la sección tipo diseñada para el tráfico T4A y T4B, son la misma que el T3B.

Estos tipos de secciones se han agrupado en tres secciones diferentes:

Secciones escogidas		M.B.	Zahorra
Seccion	Tráfico		
1	T4A-T4B-T3B	15cm	25 cm
2	T3A	17cm	25 cm
3	T2A	24cm	25 cm

Las capas de Mezcla bituminosa se dividen en las siguientes sub-capas:

Secciones escogidas		M.B.		
Seccion	Tráfico	Rodadura	Intermedia	Base
1	T4A-T4B-T3B	3 cm BBTM 11/8A (F-10)	6 cm AC22 BIN S (S20)	6 cm AC22 BASE S (G20)
2	T3A	3 cm BBTM 11/8A (F-10)	7 cm AC22 BIN S (S20)	7 cm AC22 BASE S (G20)
3	T2A	3 cm BBTM 11/8A (F-10)	9 cm AC22 BIN S (S20)	12 cm AC32 BASE S (G25)