

Recomendaciones para el Diseño y Rehabilitación de Secciones de Firme en la Red de Carreteras de Extremadura

EX-205

JUNTA DE
EXTREMADURA

Recomendaciones para el Diseño y Rehabilitación de Secciones de Firme en la Red de Carreteras de Extremadura

Primera Edición

VI CONGRESO NACIONAL DE FIRMES
Normalización e Innovación

León, del 25 al 27 de Mayo de 2004

JUNTA DE EXTREMADURA

Consejería de Fomento
Dirección General de Infraestructura

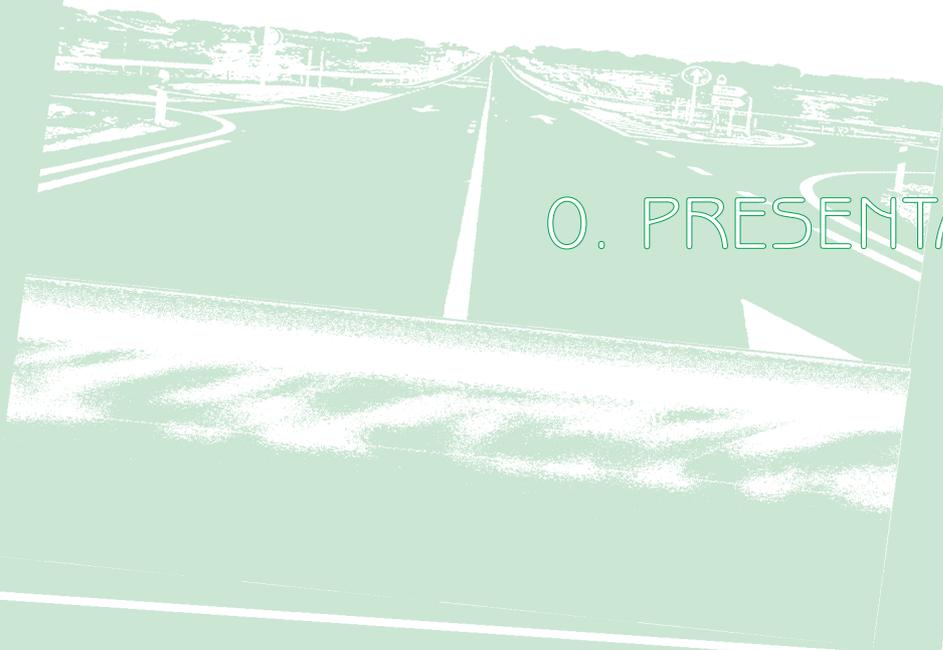
EX-205

JUNTA DE
EXTREMADURA

índice

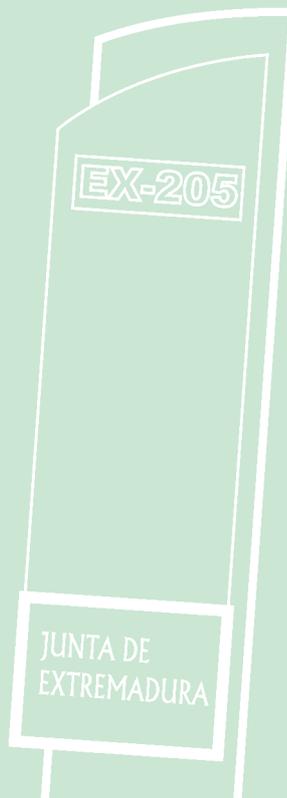
0.	PRESENTACIÓN	1
1.	OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN	5
2.	LA RED DE CARRETERAS DE EXTREMADURA	9
2.1.	Clasificación de la Red Autonómica	11
2.2.	Distribución del tráfico pesado en la red	12
3.	GEOLOGÍA Y GEOTECNIA DE LA REGIÓN EXTREMEÑA	13
3.1.	Introducción	15
3.2.	Descripción geológica de Extremadura	15
3.2.1.	Precámbrico	15
3.2.2.	Paleozoico	15
3.2.3.	Terciario	16
3.2.4.	Pliocuaternario	17
3.2.5.	Cuaternario	17
3.2.6.	Materiales plutónicos y volcánicos	17
3.3.	Características geotécnicas de los terrenos de Extremadura	19
3.3.1.	Terrenos paleozoicos y cristalinos	19
3.3.2.	Terrenos terciarios	19
3.3.3.	Cuaternario	20
3.4.	Utilización de los terrenos extremeños para construcción de carreteras	22
3.4.1.	Empleo de los materiales para terraplenes	22
3.4.2.	Empleo para explanada	24
3.4.3.	Empleo para capa de rodadura	26
3.5.	Principales yacimientos de la región	28
3.5.1.	Granitos	28
3.5.2.	Cuarcitas	28
3.5.3.	Calzada	28
3.5.4.	Gravas y arenas	28
3.5.5.	Otras rocas	28
4.	EL CLIMA DE EXTREMADURA	29
4.1.	Introducción	31
4.2.	Efectos del clima en los firmes	31
4.2.1.	Influencia de la temperatura del aire	31
4.2.2.	Influencia de la pluviometría	32
4.3.	Zonas climáticas en Extremadura	33
4.4.	Otras fuentes de información	36
5.	METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UNA SECCIÓN	37
5.1.	Diseño de una sección de firme para nueva construcción	39
5.1.1.	Catálogo de secciones	39
5.1.2.	Dimensionamiento analítico	39
5.2.	Diseño de una sección de firme para recrecimiento	39
5.2.1.	Gráficos de espesores	39
5.2.2.	Dimensionamiento analítico	40
6.	EL TRÁFICO	41
6.1.	Introducción	43
6.2.	Procedimiento de cálculo del tráfico	43
6.3.	Clasificación de las categorías de tráfico pesado	43
6.4.	Cálculo de ejes equivalentes de 13 t	45

7.	LA EXPLANADA	47
7.1.	Introducción	49
7.2.	Categoría de explanada	49
7.3.	Formación de explanada	49
7.4.	Otros métodos para caracterizar la explanada	52
7.4.1.	Deflectómetro de impacto (NLT-338/98)	52
7.4.2.	Ensayo de CBR en laboratorio (NLT-111)	52
7.4.3.	Relación entre los ensayos	53
8.	LAS UNIDADES DE OBRA	55
8.1.	Prescripciones técnicas generales	57
8.2.	Prescripciones técnicas particulares	117
8.2.1.	Mezclas bituminosas en caliente	117
8.2.1.1.	Espesor de las capa de mezcla bituminosa	117
8.2.1.2.	Capas de rodadura de mezcla bituminosa	118
8.2.1.3.	Mezcla de alto módulo	118
8.2.1.4.	Riego de imprimación	118
8.2.1.5.	Riego de adherencia	119
8.2.1.6.	Riego de curado	119
8.2.2.	Mezclas bituminosas abiertas en frío (AF)	119
8.2.3.	Materiales tratados con cemento	119
8.2.3.1.	Gravacemento	119
8.2.3.2.	Suelocemento	119
8.2.4.	Gravaemulsión	119
8.2.5.	Zahorra artificial y Macadam	119
8.2.6.	Tratamientos superficiales	119
8.2.7.	Pavimento de hormigón vibrado	120
8.2.7.1.	Juntas longitudinales	120
8.2.7.2.	Juntas transversales	121
9.	SECCIONES DE FIRME PARA NUEVA CONSTRUCCIÓN	123
9.1.	Introducción	125
9.2.	Catálogo de secciones de firme	125
9.3.	Arcenes	127
9.3.1.	Categorías de tráfico pesado T0 a T1	127
9.3.1.1.	Calzada con pavimento de hormigón vibrado	127
9.3.1.2.	Calzada con pavimento de mezcla bituminosa en caliente	128
9.3.2.	Categorías de tráfico pesado T2 a T31	128
9.3.2.1.	Calzada con pavimento de hormigón vibrado	128
9.3.2.2.	Calzada con pavimento de mezcla bituminosa en caliente	128
9.3.3.	Categorías de tráfico pesado T32 y T4 (T41 y T42)	129
9.4.	Aspectos constructivos	129
10.	REHABILITACIÓN DE FIRMES MEDIANTE RECRECIMIENTO	131
10.1.	Introducción	133
10.2.	Factores de dimensionamiento	133
10.2.1.	Tipo de firme existente	133
10.2.2.	Tráfico pesado	133
10.2.3.	Deflexión de cálculo	133
10.3.	Propuesta de espesores de recrecimiento	135
	ANEJO A: JUSTIFICACIÓN ANALÍTICA DE SECCIONES DE FIRME	137
	ANEJO B: CONTROL DE CALIDAD	147
	ANEJO C: CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO	179
	ANEJO D: CAMPAÑA DE AFOROS DE 2001	195
	ANEJO E: ESTUDIO DE TRÁFICO	211
	ANEJO F: ESTUDIO DE DEFLEXIONES	221
	ANEJO G: GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL DE FIRMES CON PAVIMENTO DE MEZCLA BITUMINOSA	231
	ANEJO H: DEFINICIONES	237



0. PRESENTACIÓN

Recomendaciones para el Diseño y Rehabilitación de Secciones de Firme en la Red de Carreteras de Extremadura



En los últimos quince años la Comunidad Autónoma de Extremadura ha invertido unos cien mil millones de pesetas en la Red de Carreteras de su titularidad. Gracias a ello se ha mejorado notablemente la infraestructura viaria de la región poniéndose en servicio nuevas vías, acondicionando otras, eliminado puntos conflictivos como travesías, etc.

El esfuerzo inversor ha sido muy importante y tendrá que continuar siéndolo para adaptar nuestras carreteras a las necesidades que la sociedad exige en temas como comodidad, seguridad, disminución de tiempos de recorrido, etc.

De la inversión total de una carretera la partida más importante va destinada al capítulo de firmes y pavimentos.

Se entiende por firme la parte de la superestructura de la carretera cuya función es la de recibir las cargas del tráfico y transmitir las al terreno subyacente, de forma que las tensiones y deformaciones producidas no provoquen la ruina de la carretera durante un tiempo suficiente, denominado vida de proyecto. Las unidades de obra que forman parte de los firmes son unitariamente costosas pues se les exigen unas características tales que en muchas ocasiones necesitan un elaborado proceso industrial para obtenerlas, sin olvidar que muchas de ellas se obtienen del petróleo.

Sin embargo, aunque parezca paradójico, con el estado actual de la ciencia y de la técnica no existe un método "perfecto" para el dimensionamiento de los firmes. Entendiéndose éste como aquel que maximice el "beneficio global de la sociedad" utilizando unos recursos que por definición son escasos. El encontrar eso que se podría denominar la carretera ideal dista mucho de poder estar a nuestro alcance.

Estas Recomendaciones comienzan su singladura en el otoño de 1999, por entonces sólo las Comunidades Autónomas de Andalucía y Castilla y León cuentan con herramientas propias para el dimensionamiento de firme y adaptadas a las características propias de sus territorios. En Extremadura se aplicaba la antigua Orden de 23 de mayo de 1989 por la que se aprobaba la Instrucción 6.1 y 2-IC sobre "Secciones de firmes" del Ministerio de Fomento. Era una Instrucción acorde con las características de la Red de Carreteras del Estado, diseñada para tráfico alto y con un tratamiento de las variables climáticas a escala nacional. Aún siendo aplicable a tráfico bajo no daba una solución apropiada cuando la IMD es inferior a 2.000 por lo que se comienza a trabajar en unas primeras recomendaciones tomando como ejemplo las experiencias del resto de Comunidades Autónomas y la experiencia de Extremadura.

Como durante la redacción y edición de estas Recomendaciones, el Ministerio de Fomento ha aprobado, mediante las Órdenes 3460 y 3459, de 28 de noviembre, las normas 6.1 y 6.3-IC de "Secciones de firmes" y de "Rehabilitación de firmes", respectivamente, esta Dirección General ha optado por incorporar bastantes de los preceptos de estas normas pero con las peculiaridades propias de Extremadura.

Por ello se ha incluido un estudio de suelos extremeños susceptibles de ser usados como explanada, nuevos mapas pluviométricos y de zonas térmicas. Así mismo, junto con un catálogo de secciones de firme, se han incluido un Anejo exclusivo de tráfico y otro donde se sientan las bases para el cálculo analítico de secciones de firme.

Se espera que con estas Recomendaciones se avance en el diseño de los firmes en Extremadura y que se convierta en una herramienta útil para todos los intervinientes en el proceso de construcción de una carretera.

Mérida, marzo de 2004

Leonor Martínez-Pereda Soto
DIRECTORA GENERAL DE INFRAESTRUCTURA





1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

Recomendaciones para el Diseño y Rehabilitación de Secciones de Firme en la Red de Carreteras de Extremadura



El presente documento pretende convertirse en una guía práctica para los técnicos encargados de redactar proyectos y cálculos de firmes nuevos y actuaciones de rehabilitación adaptándose a las características propias de Extremadura. Estas Recomendaciones no sustituyen a las Órdenes 3460/2003, de 28 de noviembre, por la que se aprueba la norma 6.1-IC "Secciones de firmes" y 3459/2003, de 28 de noviembre, por la que se aprueba la norma 6.3-IC "Rehabilitación de firmes" del Ministerio de Fomento. Sí es posible que la Consejería de Fomento especifique la obligatoriedad de su utilización en determinados estudios o proyectos.

La antigua Orden de 23 de mayo de 1989 por la que se aprobaba la Instrucción 6.1 y 2-IC sobre "Secciones de firmes" del Ministerio de Fomento, vigente en el momento de iniciarse la redacción de estas Recomendaciones, presentaba un importante inconveniente para las actuaciones de carreteras de la Junta de Extremadura. La citada orden circular estaba especialmente diseñada para redes de alta capacidad como las pertenecientes a la Administración Central. Los firmes de estas carreteras deben soportar categoría de tráfico altas, con una IMDp de vehículos pesados superior a las carreteras de la red de la Junta de Extremadura que en su mayoría presentan unos tráficos bajos con IMDp inferiores a 200 vehículos. Además, debido a la gran extensión de la red y al territorio tan variado en el que se encuentra ubicada, los estudios disponibles sobre las características del territorio (climatología, terrenos) son a una escala superior a la necesaria para estudiar una red de carreteras regional. De acuerdo con todo lo anterior, en diciembre de 2001 se comenzaron los trabajos encaminados a elaborar unas recomendaciones que recogiesen las características específicas de la región. Estas recomendaciones quedan plasmadas en el presente documento y, no solamente son apropiadas para los firmes proyectados por la Junta de Extremadura, sino también para las actuaciones de administraciones de ámbito inferior a la regional como ayuntamientos o diputaciones.

Durante la redacción y edición de estas Recomendaciones, el Ministerio de Fomento ha aprobado, mediante las Órdenes 3460 y 3459, de 28 de noviembre, las normas 6.1 y 6.3-IC de "Secciones de firmes" y de "Rehabilitación de firmes", respectivamente. Como no podía ser de otra forma, recogen las nuevas líneas de investigación en el proyecto de firmes y la práctica identificación de las soluciones aportadas en estas Recomendaciones con las especificadas por la normativa del Ministerio de Fomento.

En este documento se han incluido los elementos necesarios para el diseño de firmes nuevos y rehabilitación mediante la utilización de un catálogo de secciones que han partido de las secciones propuestas por el Ministerio de Fomento pero que se han comprobado mediante métodos analíticos. Sin embargo, y dado el avance experimentado en los últimos años por los métodos analíticos de dimensionamiento de secciones de firme, se han querido establecer unas bases teóricas para la justificación de secciones mediante estos métodos. Estas bases suponen un importante avance respecto a otros documentos de este tipo.

En otro de los capítulos de estas recomendaciones se incluyen una serie de fichas-resumen con las especificaciones más importantes relativas a las unidades de obra incluidas en el catálogo de secciones.

2. LA RED DE CARRETERAS DE EXTREMADURA

Recomendaciones para el Diseño y
Rehabilitación de Secciones de Firme
en la Red de Carreteras de Extremadura



2.1. Clasificación de la red autonómica

En función de las características, de la intensidad media diaria (IMD) y del papel que desempeñan las carreteras autonómicas en los sistemas de ordenación del territorio, la Junta de Extremadura ha clasificado las carreteras de su Red, en las siguientes clases, conforme a lo dispuesto en la Ley 7/1995, de 27 de abril, de Carreteras de Extremadura y en el Plan Regional de Carreteras de Extremadura:

- Red Básica : Distintivo naranja. EX-100 a EX-199
- Red Intercomarcal : Distintivo verde. EX-200 a EX-299
- Red Local : Distintivo amarillo. EX-300 a EX-399.

En la figura 2.1. se presenta el mapa de carreteras de Extremadura con la clasificación de las carreteras de su red.

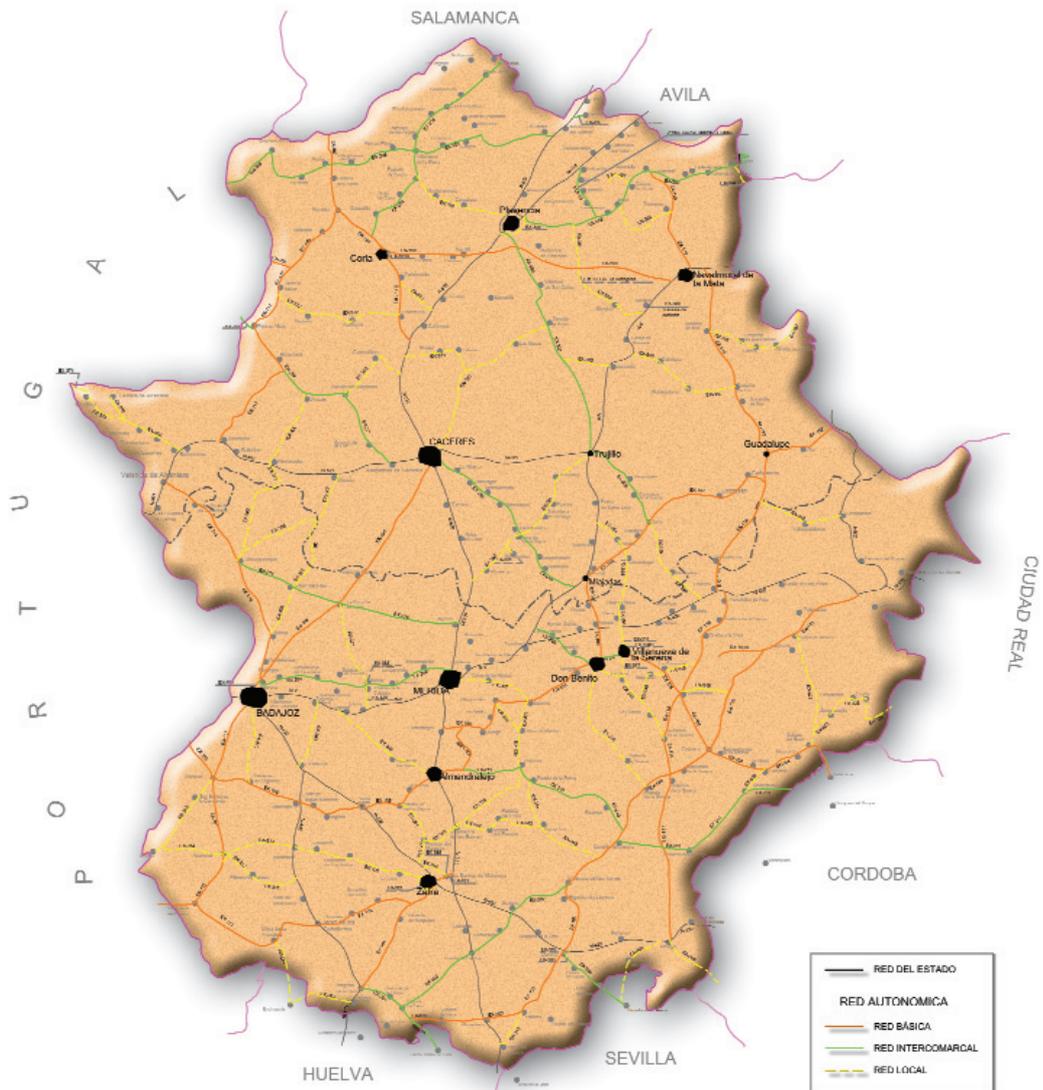


Figura 2.1. Red de carreteras de Extremadura

2.2. Distribución del tráfico pesado en la red

Según los aforos llevados a cabo en 2001, el porcentaje de vehículos pesados medio en la Red de Carreteras de Extremadura es de un 16 %, correspondiendo un 13% a Badajoz y un 19% a Cáceres. Los valores puntuales correspondientes a cada estación pueden consultarse en el anejo D. Campaña de Aforos 2001.

Las estaciones de aforo de los tramos de carretera pertenecientes a la red regional cuyo tráfico pesado se sitúa en los diferentes escalones establecidos habitualmente se recogen en el gráfico 2.2. Se puede apreciar que las categorías de tráfico T00, T0 y T1, características de la red estatal, no son representativas en la red de carreteras de Extremadura mientras que existe un alto porcentaje de secciones con categoría de tráfico T2, T3 y T4.

En el Anejo D, se presenta la descripción de todos los aforos correspondientes al año 2001. Se incluye la descripción y localización de la sección donde se ha realizado el aforo y los valores correspondientes a intensidad media diaria (IMD) de vehículos ligeros y pesados. También se ha incluido el porcentaje de vehículos pesados. Esta información puede resultar útil para el proyectista para la realización de estudios o cálculos previos de tráfico.

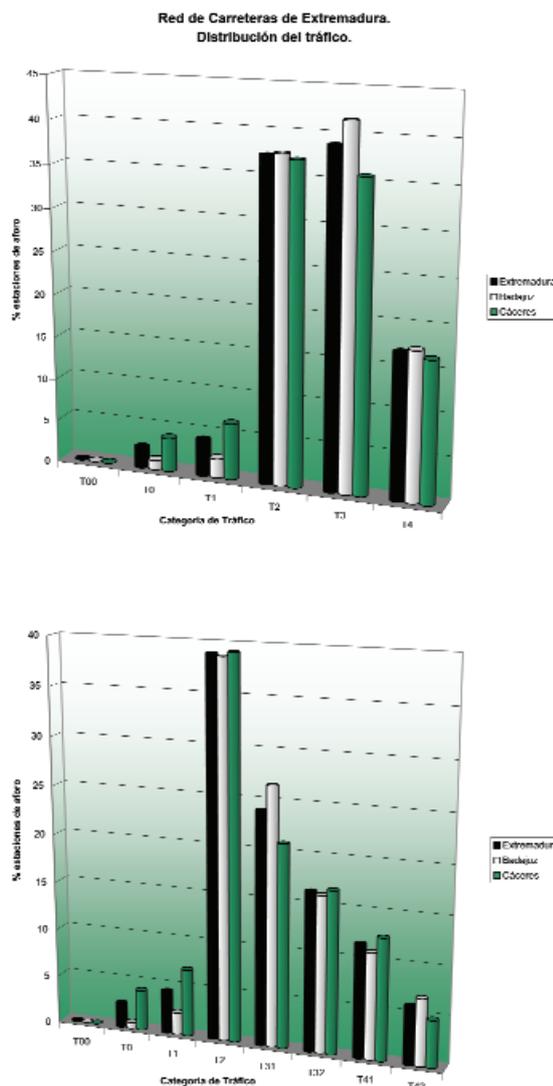


Figura 2.2. Distribución de tráfico pesado. Año 2001

3. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA DE LA REGIÓN EXTREMEÑA

Recomendaciones para el Diseño y
Rehabilitación de Secciones de Firme
en la Red de Carreteras de Extremadura



3.1. Introducción

En este capítulo se describe la geología y geotecnia de Extremadura con el objetivo de servir de base para los estudios que se deben realizar en el diseño de un firme. Esta información general se incluye para facilitar un primer análisis y no exime de realizar los estudios necesarios para el firme concreto que se esté diseñando.

Para comenzar, se describen las formaciones y materiales que aparecen en la región según sus características geológicas y su comportamiento geotécnico (apartado 3.2 y 3.3). En el apartado 3.4, se estudia la posible aplicación de los materiales de la región a la construcción de varios elementos de la carretera: terraplenes, explanada y capa de rodadura. Para finalizar, se incluye un breve estudio de las zonas con yacimientos para la obtención de diferentes materiales para obras de carretera (apartado 3.5).

3.2. Descripción geológica de Extremadura

Los materiales aflorantes son esencialmente paleozoicos y terciarios, ambos con recubrimientos cuaternarios.

En líneas generales y atendiendo a los materiales que constituyen el conjunto de la región, se pueden establecer los siguientes grandes grupos (fig. 3.1):

3.2.1. Precámbrico

En el centro de Cáceres, este grupo está constituido por una alternancia de finas capas de grauwas, pizarras lutíticas y cuarcitas. Su potencia varía grandemente de una zona a otra; así, en el borde septentrional de Sierra Morena tiene 3.000 m y está compuesta por pizarras arenosas, liditas, grauwas y cuarcitas negras. En los llanos y sierras de la Alta Extremadura, el precámbrico se compone de pizarras y grauwas, y su potencia aproximada es de 5.000 m. Más al Este, el Precámbrico se compone de dos series estratigráfica y tectónicamente diferenciadas. La inferior constituye una potente formación de areniscas, grauwas, esquistos y pizarras. La serie superior aflora discordante en una amplia penillanura llamada "La Serena" y está constituida por conglomerados, grauwas y cuarcitas.

En Badajoz se distingue una "Serie Neisica" formada por un potente complejo metamórfico y una "Serie Negra" de más de 2.000 m de potencia que se subdivide a su vez en dos tramos: uno inferior de cuarcitas, esquistos, liditas y pizarras; y uno superior predominantemente detrítico de arcosas y grauwas. Más al Oeste, el precámbrico adquiere gran desarrollo en Sierra Albarrana, estructurado en un anticlinal de núcleo algo extruido en el que se distingue, de abajo a arriba: areniscas, paragneis, micaesquistos y una serie pizarroso-detrítica. En total se suman 7.000 m de potencia.

3.2.2. Paleozoico

a) Cámbrico

En la parte oriental de Cáceres es predominante la naturaleza pizarrosa; en los bordes de los plutones graníticos estos materiales quedan metamorizados y aparecen cornubianitas, gneises anfibolíticos y pizarras mosqueadas.

En el centro y norte de Badajoz el Cámbrico está constituido por materiales altamente metamorizados y es difícil señalar con precisión el límite con el Precámbrico. Una serie ideal contaría de muro a techo: complejo esquistograuwaquico, pizarras arcillosas, calizas metamorizadas, conglomerados y areniscas.

Hacia el Sur, el Cámbrico que se diferencia de abajo a arriba, incluye una serie detrítica inferior de 300 a 600 m constituida por grauwas, cuarcitas y pizarras. Sigue una formación carbonatada entre 200

y 1000 m de potencia. En concordancia se sitúa una nueva formación detrítica, que culmina con episodios de areniscas y pizarras alternando, tipo flysch, en transición a areniscas y cuarcitas.

b) Ordovícico

En Cáceres, el Ordovícico está constituido en síntesis por niveles de pudingas en la base, un tramo intermedio de cuarcitas y un nivel superior de cuarcitas y areniscas alternando con pizarras.

En la parte norte de Badajoz, el Ordovícico está constituido por un conjunto de materiales detríticos cuyas facies son muy constantes a escala regional. En discordancia sobre el Cámbrico, en el Ordovícico se pueden diferenciar tres conjuntos: cuarcita armoricana, una potente serie de pizarras arcillosas y por último un tramo areniscoso-cuarcítico. Existen variaciones a esta tónica general más al sur, como en la zona de Encinasola o en la Sierra de Hornachos, donde se pueden distinguir dos tramos: uno inferior detrítico y otro superior más heterogéneo.

c) Silúrico

En Cáceres el Silúrico se inicia con una base cuarcítica que incluye niveles de pizarras y otras litologías. En el contacto con los batolitos aparecen abundantes cornubianitas. En la parte norte de Badajoz, el Silúrico forma un conjunto muy homogéneo en facies y desarrollo. Se caracteriza por un nivel basal cuarcítico, al que le sigue un conjunto pizarroso de características ampelíticas carbonosas, con graptolites. En la zona sur de Badajoz aparece un potente paquete de pizarras negras con graptolites, sobre los que se dispone una serie más detrítica.

d) Devónico

En Cáceres hay pequeñas manchas correspondientes a este período, como en Cáceres capital, en la Sierra de San Pedro, Sur de Aliseda, y en el Valle del río Guadarranque. Están formadas por pizarras, calizas, cuarcitas y areniscas.

En la mitad norte de Badajoz, los materiales devónicos descansan mediante discordancia sobre el Silúrico. En la zona de Oliva de Mérida hay areniscas, calizas y cuarcitas. En el sinclinal de Herrera del Duque hay cuarcitas y pizarras de Valmayor. En la Sierra de los Vescares hay grauwacas y pizarras versicolores. Al sur de Encinasola hay pizarras y filadios. Hacia el SE de Extremadura, el Devónico está representado por una serie detrítica cuarcítico-pizarrosa, donde aparecen cuarcitas en la base y el resto es una potente serie de pizarras, areniscas y cuarcitas.

e) Carbonífero

En la zona de Cáceres y Sierra de San Pedro, el Carbonífero viene dado por una caliza de aspecto brechoide y unos tramos de arcillas y pizarras que hay encima.

Al sur de Badajoz, el Carbonífero está representado en unos casos por pizarras, mientras que en otros son complejos de rocas detríticas de tamaño de grano muy variable, que alternan con materiales pizarrosos. Al sudeste la síntesis estratigráfica está constituida de abajo a arriba por pizarras y grauwacas en facies flysch. Sigue un conglomerado poligénico y una serie detrítica pizarrosa.

3.2.3. Terciario

a) Mioceno

En general, el Terciario en Cáceres se localiza en depresiones y en ciertos casos en pequeñas fosas tectónicas bien definidas, o como una cobertera arrasada.

El Mioceno en la zona del Tiétar está constituido por arcosas potentes y arenas arcillosas con cantos en la parte superior. Más al Este, está compuesto por un conjunto de niveles detríticos, conglomerados y arenas.

Del Plioceno destaca la formación tipo "raña" constituida por sedimentos de conglomerados y areniscas con matriz limosa.

En Badajoz se trata casi exclusivamente de materiales detríticos, en donde se pueden distinguir varios conjuntos litológicos:

-Terciario de las Vegas Bajas, formado en superficie por rañas de poco espesor que cubren un conjunto margoso gris de gran potencia denominado "barros". En zonas de altitud de 240-245 m quedan cubiertos por arcillas calcáreas amarillento-rojizas ("Caleño"), y a partir de los 220-225 m comienza el nivel de arcillas arcósicas de tono rosado.

-Terciario al Sur del Valle del Guadiana, perteneciente a la Tierra de Barros, con espesores pequeños, y en el que se distinguen de abajo a arriba arcillas arenosas, conglomerados, areniscas y arcillas arenosas. En discordancia erosiva y a partir de los 332 m se inician las arcillas de "barros", que son homogéneas, consistentes y poco calcáreas. A partir de los 360 m se encuentra el "Caleño" de tono rojizo y encima queda cubierto por la raña.

-El Terciario presenta otras variaciones en diferentes zonas, como en Almendralejo, o en Santa Marta, donde hay gravas, arcosas y margas pertenecientes al Mioceno medio.

3.2.4. Pliocuaternario

Se incluyen aquí las formaciones de raña, que están constituidas por depósitos de gravas con cantos de cuarcita con matriz areno-limosa.

3.2.5. Cuaternario

A él pertenecen los depósitos aluviales, coluviales y de terrazas.

3.2.6. Materiales plutónicos y volcánicos

a) Macizos cristalinos

En Cáceres, los materiales cristalinos están localizados siguiendo las zonas geosinclinales del Cámbrico, al que metamorfizan, como el macizo granítico al NO de Cáceres y de Zarza la Mayor, Batolito de Trujillo, granito de Plasenzuela, de Valencia de Alcántara, etc. En ellos predominan los granitos, que pueden estar atravesados por filones. También hay gneises y micacitas.

En Badajoz predominan también las rocas plutónicas de composición ácida, granitoideas; afloran en las zonas de Montanchez-Albalá, Alburquerque, Mérida, Villar del Rey, etc. En el núcleo del anticlinorio Olivenza-Monesterio hay rocas graníticas, como en el macizo de Barcarrota, Burguillos del Cerro, Salvatierra de los Barros, Ahillones, Valencia del Ventoso, etc. En otros puntos, como en el Valle de la Serena, se encuentran gneises, corneanas y esquistos.

b) Rocas volcánicas

Al norte de la Cuenca Bélmex-Adamuz hay intrusiones básicas que afectan al Devónico y al Carbonífero, como microgabros, microdioritas, basaltos y doloritas. En El Alcornocal hay un complejo volcánico formado por microgabros, microdioritas, basaltos, doloritas y riolitas.

Mapa geológico de Extremadura

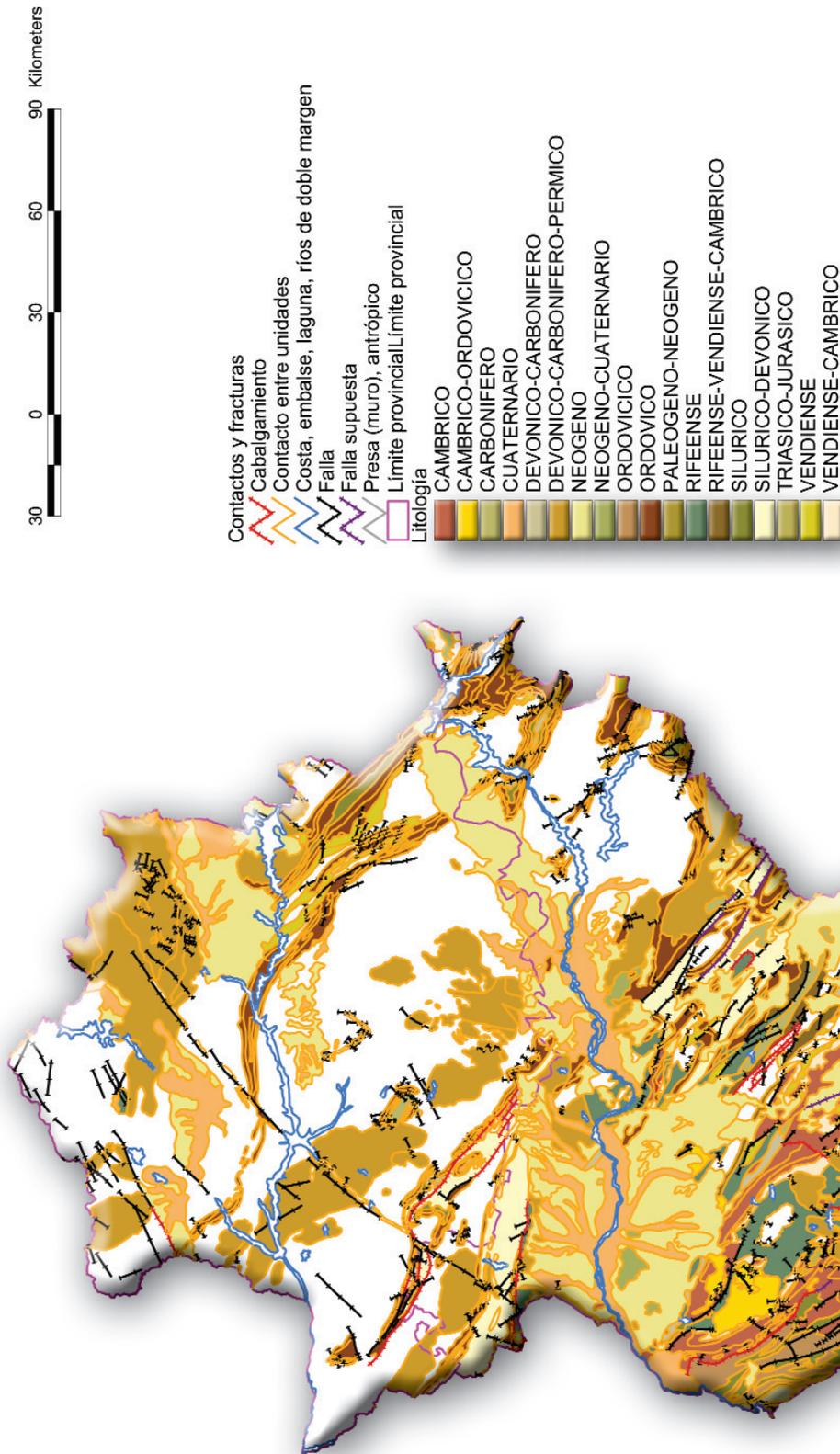


Figura 3.1. Mapa Geológico de Extremadura

3.3. Características geotécnicas de los terrenos de Extremadura

Se sintetizan a continuación los rasgos generales de grandes conjuntos litológicos con características geotécnicas similares (fig. 3.2).

3.3.1. Terrenos paleozoicos y cristalinos

a) Rocas plutónicas (granitoideas, gabros, etc) y gneises.

Dan lugar este tipo de rocas a relieves alomados suaves, con afloramientos rocosos y otras zonas más o menos alteradas (arenas y arcillas). Son materiales impermeables en los que podría haber un drenaje deficiente y donde el nivel freático puede estar próximo a la superficie. La estabilidad de las laderas es completa en condiciones naturales. Tiene una capacidad de cargas elevada, con asientos bajos. Presentan unas características mecánicas muy elevadas. Su ripabilidad es nula y es necesario emplear explosivos para la excavación de desmontes. En general constituye buen material de préstamo.

b) Cuarcitas, areniscas , grauwas, conglomerados

Tienen muy buenas características mecánicas. Su ripabilidad es nula y también es elevada su abrasividad. Constituyen buenos materiales para pedraplenes. Su capacidad portante es muy elevada y su compresibilidad es despreciable. Drenaje aceptable debido a que coincide con áreas de pendiente elevada más que por su permeabilidad, que es media-baja.

c) Pizarras y esquistos

Son terrenos impermeables por lo que su drenaje puede ser deficiente. Como son rocas anisótropas, la orientación de la esquistosidad condicionará la inclinación de los taludes, pero en condiciones naturales, ya que las zonas con relieve abruptos o montañoso son muy escasos, no hay casi nunca inestabilidades naturales.

Las características mecánicas son muy aceptables salvo si existen arcillas blandas de alteración en la parte superficial. La capacidad portante es alta y los asientos esperables bajos.

La ripabilidad es de dificultad media, variable según el tipo de pizarra. Por lo general, presenta escasa idoneidad para utilizarlos como producto de ejecución de terraplenes.

d) Calizas

Son rocas de competencia elevada y compresibilidad despreciable. Su ripabilidad es nula por lo que es necesario utilizar explosivos. Constituye un excelente sostén de pavimentos y se utiliza como préstamo para pedraplenes. Su capacidad portante es alta y la estabilidad natural es grande; en general admite taludes de gran ángulo en los desmontes.

3.3.2. Terrenos Terciarios

a) Arcosas

Son materiales con poca cohesión, y sus características mecánicas dependen de su grado de cementación. En general presentan ángulos de rozamiento elevados, con altos módulos de compresibilidad. La ripabilidad depende del grado de cementación. Admiten también la compactación mecánica por lo que se suelen emplear para la construcción de terraplenes. Se pueden utilizar a veces como subbase sin necesidad de emplear préstamos. Capacidad portante alta y compresibilidad media y muy baja. Necesidad de consolidación elevada en condiciones naturales, da lugar a laderas estables y admite taludes de gran ángulo si son bajos.

b) Arcillas arenosas y arcillas pardo-rojizas

Son materiales cohesivos, de ripabilidad sencilla, no sirven para préstamo de terraplenes, con capacidad portante media-baja y asientos diferenciales despreciables. Las arcillas son expansivas y sensitivas en gran parte, lo que origina poca estabilidad en las laderas y taludes.

c) Caleños

Es una arcilla muy dura, clasificada CM (Casagrande), cohesiva, consistente, con ángulos de rozamiento pequeños. Su capacidad portante es baja, con asientos totales despreciables y velocidad de consolidación muy lenta. Son arcillas frecuentemente expansivas y no sirven para terraplenes. Son aceptables como sostén de pavimentos. Las arcillas son sensibles y pierden sus características mecánicas, convirtiéndose en suelos degradados e indeseables para la compactación mecánica.

d) Rañas (Pliocuaternario)

Materiales cohesivos de consistencia reducida, plásticos en general, de poca capacidad portante, compresibilidad de media a elevada y velocidad lenta de producción de asientos.

Ripabilidad sencilla y a veces no sirven como préstamos. Como sostén de pavimentaciones es bajo y se necesita una capa anticontaminante entre la subbase y el terreno. Las pendientes de los taludes tienen que ser bajos para que sean estables.

3.3.3. Cuaternario

a) Alteración de rocas plutónicas

Son materiales ripables aunque en profundidad pueden adquirir cierta dificultad, mejorando sus condiciones mecánicas, con ángulos de rozamiento elevados. Admite bien la compactación mecánica y se suele utilizar como subbase para pavimentaciones y como préstamo para terraplenes.

b) Aluviales

Formaciones de permeabilidad alta por lo que tienen buen drenaje salvo si el nivel freático es elevado. Su capacidad de carga es baja, con asientos probables. Tiene ángulos de rozamiento muy variables, con módulos de compresión elevados. Ripables. Admiten compactación mecánica, y si son granulares sirven para terraplenes e incluso como zahorras naturales. Los taludes en los desmontes tienen que ser tendidos.

c) Coluviones

Son materiales muy dispersos por la geografía. Tienen ángulos de rozamiento interno medios y altos, y puede haber en ellos deslizamientos de ladera. Ripables. Suelen ser buenos materiales para la construcción de terraplenes.

Mapa litológico de Extremadura

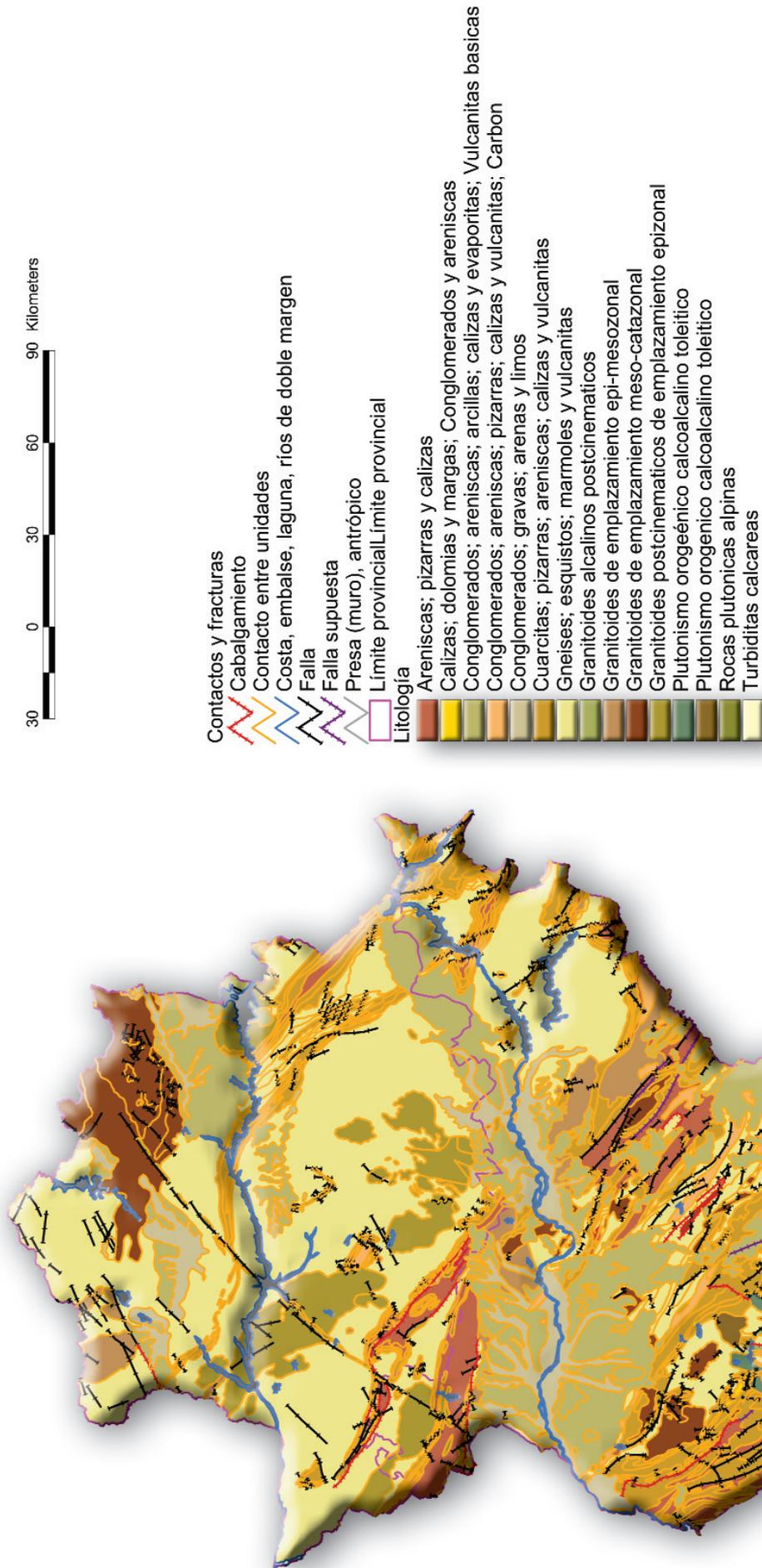


Figura 3.2. Mapa litológico de Extremadura

3.4. Utilización de los terrenos extremeños para la construcción de carreteras

Con el objeto de adaptar estas recomendaciones a la realidad de la región extremeña, se ha realizado un estudio exhaustivo de los materiales existentes en Extremadura y su aplicabilidad en la construcción de carreteras. Se ha dispuesto de 595 ensayos de identificación (límites de Atterberg y ceridos por el tamiz 0,080 UME) y 201 ensayos de CBR, que corresponden a 600 km divididos en 24 tramos de la red autonómica de carreteras de la provincia. Estos tramos están homogéneamente distribuidos por todo el territorio provincial, de tal manera que atraviesan los terrenos más frecuentes y representativos del sustrato. Incluye los batolitos graníticos, las series precámbricas de pizarras, grauwacas, areniscas, conglomerados y gneises; el Cámbrico con pizarras, cuarcitas y calizas; el Silúrico con pizarras y cuarcitas; el Ordovícico con areniscas. En general, en toda la serie metamórfica predominan las pizarras. Se pasa luego a los sedimentos pertenecientes al Mioceno, con arcillas, arenas, margas, margocalizas, conglomerados, areniscas y arcosas. Al Plioceno pertenecen las formaciones tipo raña, de arcillas y areniscas. Al Cuaternario, coluviones y aluviales de arcillas y arenas.

Estos son terrenos del sustrato, identificados en las hojas geológicas 1/200.000. Se acepta que la mayor parte de las muestras son suelos y no ha sido posible diferenciar el origen exacto de las muestras ni su profundidad, por lo que se desconoce si pertenecen en algún caso al sustrato, a la parte alterada del mismo, o a formaciones superficiales cuaternarias no identificadas que se desarrollan encima. A pesar de esto, los resultados obtenidos relacionan estrechamente el suelo con el sustrato. Se han excluido de este análisis aquellos tramos que atraviesan terrenos muy distintos: Miocenos y metamórficos, por ejemplo, y que no han podido ser diferenciados pues los datos estaban mezclados. No se descartan aquellos casos de terrenos rocosos o de transición y que, sin embargo, se han tratado como suelos (las pizarras blandas, por ejemplo).

3.4.1. Empleo de los materiales para terraplenes

Se pueden agrupar los terrenos, más que por su edad, por su naturaleza: terrenos graníticos, serie metamórfica y terrenos miocenos y pliocenos, en general, bastante arcillosos. Es de suponer que la mayor parte de estas muestras no proceden directamente del sustrato, sino de suelos de alteración o derivados de él.

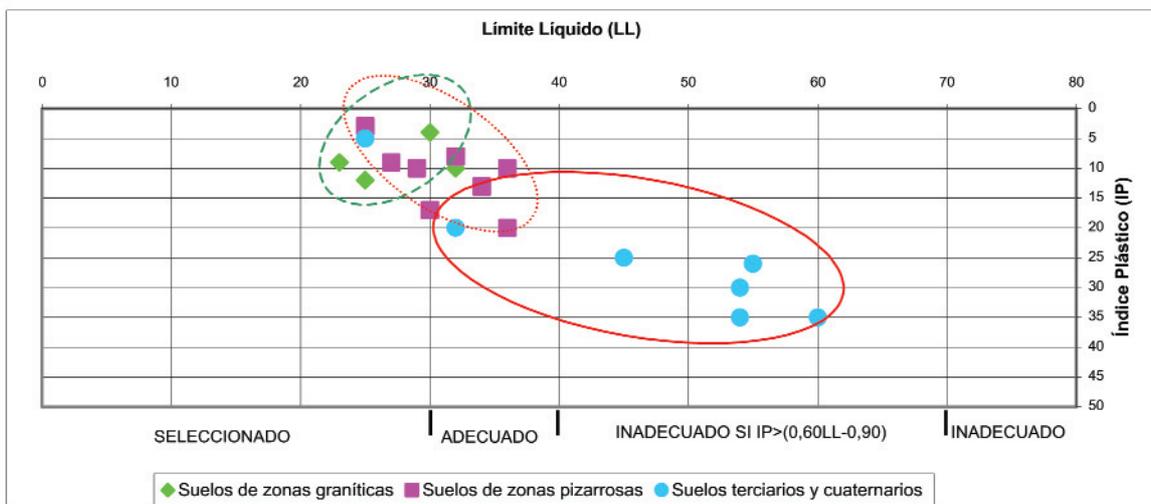


Figura 3.3. Límite líquido (LL) versus Índice de Plasticidad (IP) para tres tipos de suelos generales de Extremadura y su aptitud para su empleo en terraplenes

a) Plasticidad

Los terrenos graníticos y metamórficos tienen un LL inferior siempre a 40 y superior a 20, así como un IP menor de veinte: se clasifican en suelos adecuados y seleccionados, habiendo sobre terrenos graníticos más suelos clasificados como seleccionados. Estos valores son medios y orientativos y la dispersión de estos hace que pueda haber otros tipos de suelos (fig. 3.3).

Los sedimentos miocenos y pliocenos (a veces también cuaternarios aluviales) tienen el LL entre 20 y 70, aunque la mayor parte de ellos tienen valores superiores a 50. Hay en ellos suelos de todo tipo, desde seleccionados (seguramente arenosos), hasta inadecuados aunque en general abundan los adecuados pero dependiendo si el IP es mayor o menor que $IP \leq 0,73$ (LL - 20).

b) Finos

En lo que respecta al criterio del cernido por el tamiz 0,08 UNE las frecuencias de clasificaciones de suelos: en el Mioceno predominan los inadecuados y tolerables, en la serie metamórfica los adecuados y seleccionados (casi siempre por encima del 35%) y en los terrenos graníticos los seleccionados y adecuados, en este orden (fig. 3.4., 3.5., 3.6.).

Los resultados en general presentan unos valores coherentes con lo que cabría esperar de la naturaleza de los terrenos. Así, son las zonas graníticas y de jabre las que constituyen los suelos mejores y que se emplean incluso para préstamos.

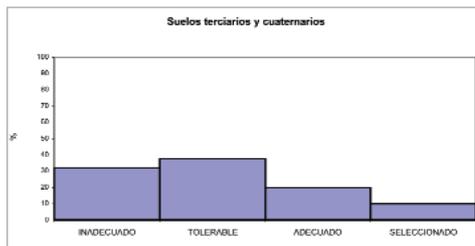


Figura 3.4. Clasificación de la idoneidad de los suelos en el empleo para terraplenes en referencia al cernido por el tamiz 0,08 UNE

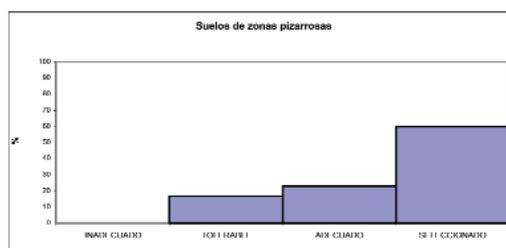


Figura 3.5. Clasificación de la idoneidad de los suelos en el empleo para terraplenes en referencia al cernido por el tamiz 0,08 UNE

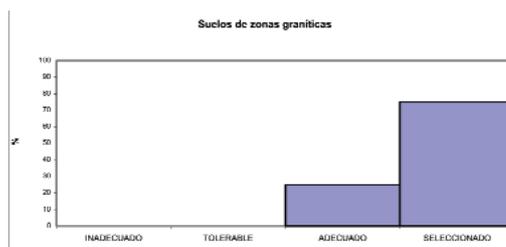


Figura 3.6. Clasificación de la idoneidad de los suelos en el empleo para terraplenes en referencia al cernido por el tamiz 0,08 UNE

En el mapa de la figura 3.8, se representan espacialmente estos tres tipos de terrenos que presentan similar comportamiento geotécnico en cuanto a empleo de sus materiales para terraplenes.

3.4.2. Empleo para explanada

Los valores de CBR de los materiales permiten clasificarlos como aptos o no aptos para su utilización directa sin estabilizar en la formación de diferentes tipos de explanada:

- tipo 0: $CBR = 3 - 5$. No apto para explanada.
- tipo 1: $CBR = 6 - 10$. Puede formar explanadas E1.
- tipo 2: $CBR = 12 - 20$. Puede formar explanadas E1 y E2.
- tipo 3: $CBR > 20$. Puede formar explanadas E2.

En la figura 3.5. se representan los valores de CBR más frecuentes.

Como se puede observar, el Mioceno se encuentra representado en los suelos tipo 1 con valores entre 5 y 10, aunque a veces son menores a 5. La serie metamórfica se asocia sobre todo con valores de suelo tipo 2 que permiten obtener una explanada de tipo E1 o E2, cubriendo todo el rango de valores. Los suelos desarrollados sobre granitos, aunque hay pocos datos, parece que se incluyen en suelos tipo 3 con los que establecer explanadas E2 con espesores menores de material seleccionado. La distribución espacial de estos tipos de terrenos se reflejan en la figura 3.8.



Figura 3.7. Distribución de valores del índice CBR según tres tipos de suelos generales de Extremadura.

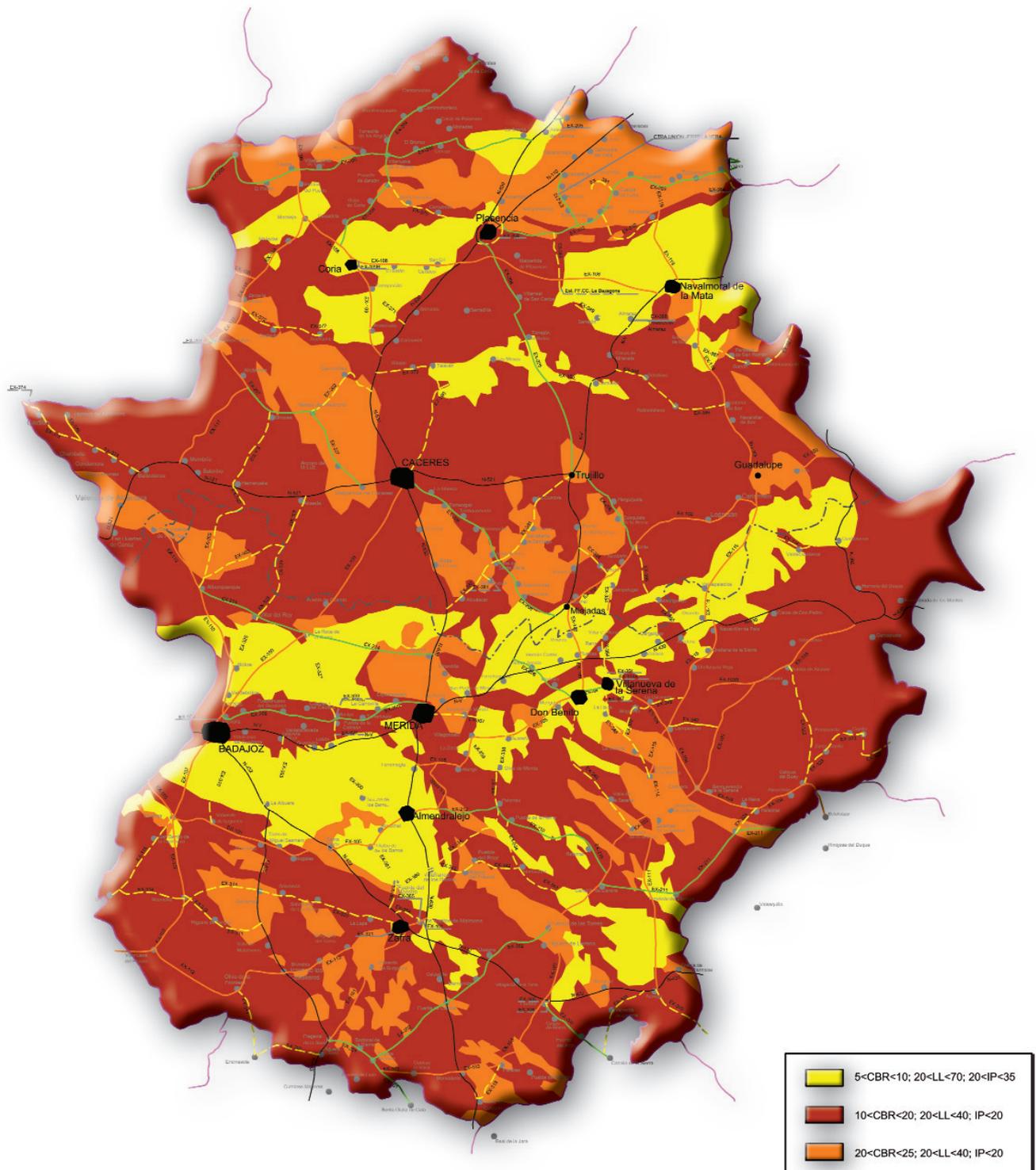


Figura 3.8. Distribución de formaciones de suelos en Extremadura.

3.4.3. Empleo para capa de rodadura

Al árido grueso de capa de rodadura se le exige características superiores en porcentaje de partículas trituradas, en el ensayo de resistencia al desgaste y en el coeficiente de pulido acelerado.

Según los valores obtenidos en ensayos de resistencia al desgaste de Los Ángeles, se pueden clasificar los áridos para rodadura en tres grupos:

- coef. LA < 15 resistencia al desgaste muy alta
- 15 < coef. LA < 20 resistencia al desgaste alta
- 20 < coef. LA < 25 resistencia al desgaste normal
- coef. LA > 25 resistencia al desgaste baja

Los áridos válidos para capa de rodadura serán los que posean una resistencia al desgaste muy alta, alta o normal según las especificaciones del artículo 542 del PG-3 que varían según la categoría de tráfico.

En general, para la capa de rodadura son muy adecuados los áridos procedentes de gabros, diabasas, basaltos y diques básicos que, además de tener una elevada resistencia al desgaste, suelen poseer valores apropiados en el pulimento acelerado. Las cuarcitas de cantera o de graveras, así como los pórfidos, aunque son duros, pueden tener baja adhesividad, lo que hace que sea necesario comprobar esta característica para su uso correcto. El resto de los materiales existentes en Extremadura no suele utilizarse, salvo excepciones.

A partir de los datos disponibles de resistencia al desgaste se puede establecer una zonificación orientativa de disponibilidad de este tipo de áridos para capas de rodadura (fig.3.9). Esta zonificación se podrá ir modificando en función de otros estudios que se desarrollen y la experiencia en las obras que se lleven a cabo.

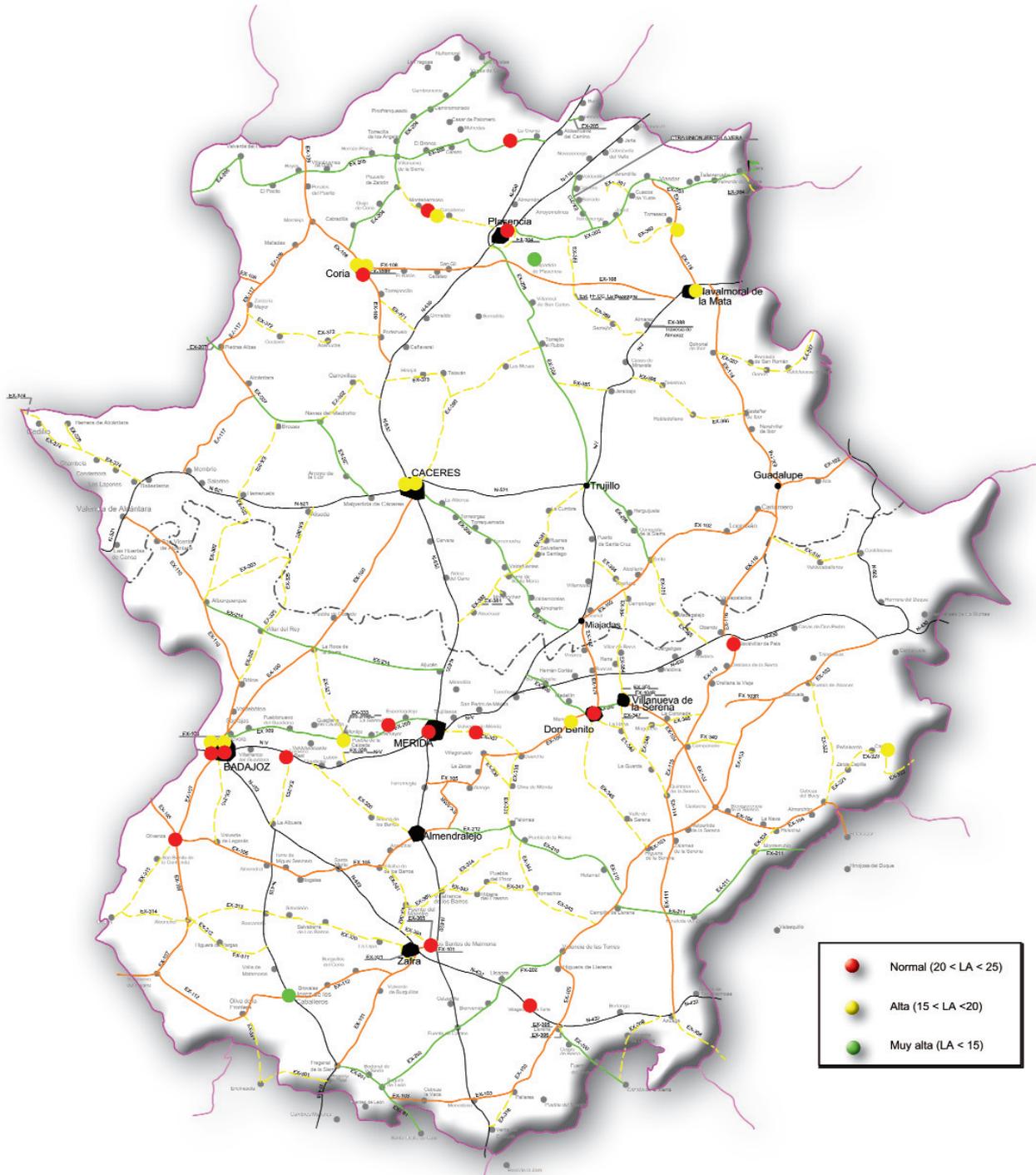


Figura 3.9. Zonificación de áridos según su resistencia al desgaste.

3.5. Principales yacimientos de la región

A continuación se describen las características más destacables de los materiales de yacimientos relacionados con las obras de carretera. Los valores de los análisis y ensayos de laboratorio han sido tomados de materiales para obras de carretera que han sido ensayados por la Junta de Extremadura y por la información disponible en las hojas 1/200.000 de mapas de Rocas Industriales del IGME.

3.5.1. Granitos

Hay bastantes explotaciones repartidas por los afloramientos de la región, tales como Zarza la Mayor, Valencia de Alcántara, Trujillo, Brozas, Piedras Albas, Santa Marta, etc.

Los materiales que se extraen sirven por lo general como áridos para carretera, y si están alterados como material de préstamos. Unos valores representativos de este material como árido de carretera serían: absorción 0,43-0,5; estabilidad al sulfato magnésico: 1,19 - 129; coef. desg. Los Ángeles 35-38. No obstante esto son valores medios pero es posible encontrar canteras con áridos graníticos con excelentes de resistencia al desgaste (LA=13).

Diques básicos, como los de Plasencia - Alentejo, son muy apropiados para áridos de carretera. Los pórfidos de Usagre - Valencia de las Torres tienen gran dureza aunque su adhesividad a los betunes es baja. Se tiene un valor del coef. desg. Los Ángeles entre 24 y 29.

3.5.2. Cuarcitas

Hay yacimientos en la zona de Cáceres-Aliseda, Cañaveral-Serradilla y en otros puntos. Son por lo general adecuados como áridos de carreteras, e incluso para hormigón, aunque su baja adhesividad a los betunes pueden producir desprendimientos, siendo por otro lado muy duros para capa de rodadura. Tienen una absorción entre 0,3 - 1,0, estabilidad al sulfato magnésico entre 1,09 - 2,3 y en coeficiente de desgaste de Los Ángeles entre 19,6 y 44,7.

3.5.3. Calizas

Hay yacimientos en Cáceres, Aldea Moret, Aliseda, Burgillos del Cerro, Santos de Maimona, Olivenza - Badajoz, Montijo - Mérida, etc. Son materiales adecuados para su utilización como áridos de carretera.

Tienen una absorción del 0,37, estabilidad al sulfato magnésico de 1,2, desgaste de los Ángeles 19 - 32; adhesividad al betún entre 37-100; densidad a 25°C; 1,024 y pérdida por calentamiento: 0,26.

3.5.4. Gravas y arenas

Generalmente son cuaternarias (aluviales y terrazas) aunque también los hay de alteración de rocas graníticas, que sirven para préstamos de carreteras. Si los cantos son de cuarcita, suelen ser muy aptos como áridos de carretera, aunque su dureza y adhesividad a los betunes varían según los yacimientos.

Valores típicos de resistencia al desgaste Los Ángeles son 14-33.

3.5.5. Otras rocas

Los gabros y diabasas y los basaltos son muy adecuados como áridos por su dureza y buena estabilidad al sulfato magnésico por lo que se utilizan para las capas de rodadura.

Los gneises se emplean más bien en la construcción y a veces como áridos de trituración.

Las pizarras se emplean como préstamos en ciertas ocasiones.

Las grauwacas son adecuadas como áridos de carretera, presentando una absorción entre 0,3-0,6, estabilidad al sulfato magnésico entre 2,1 y 27, coeficiente de desgaste de Los Ángeles entre 19 y 23 y adhesividad piedra cubierta del 99,7.

4. EL CLIMA DE EXTREMADURA

Recomendaciones para el Diseño y
Rehabilitación de Secciones de Firme
en la Red de Carreteras de Extremadura



4.1. Introducción

Extremadura se extiende sobre el territorio en un amplio rango de latitud y longitud, circunstancia que permite encontrar zonas con climas diferenciados. El clima mediterráneo es el típico en la mayor parte de la región. Sus principales características son:

- Temperaturas frescas en invierno y cálidas en verano.
- Precipitaciones escasas concentradas en la primavera y el otoño. El verano es muy seco. En general, en la parte occidental de Extremadura llueve más que en el resto de la región.

Además se pueden distinguir otros dos tipos de climas:

- Clima mediterráneo continentalizado localizado en algunas zonas del norte y nordeste, caracterizado por un mayor contraste térmico entre los inviernos y los veranos y también por mayores precipitaciones de lluvia;
- Clima de montaña en las sierras con cotas más altas que presenta temperaturas menores y mayores precipitaciones que los anteriores.

El estudio de la climatología de la región tiene importancia en el diseño de firmes de nueva construcción y en su rehabilitación. Su conocimiento permite seleccionar los materiales adecuados, diseñar correctamente las secciones y mejorar el comportamiento general del firme, evitando gastos en conservación anteriores a lo necesario. En este documento no se estudian todos los parámetros que definen el clima de la región, sino solamente aquellos que influyen directa o indirectamente en los aspectos anteriores. Así, se han considerado dos variables:

- La temperatura del aire.
- La pluviometría.

4.2. Efectos del clima en los firmes

4.2.1. Influencia de la temperatura del aire

La temperatura del aire determina la temperatura existente en el firme. Se tiene en cuenta de forma especial la temperatura máxima estival. Las temperaturas muy elevadas pueden tener consecuencias negativas en firmes con alguna capa de mezcla bituminosa. En estos casos, el material puede ablandarse, provocando deformaciones excesivas al paso del tráfico que pueden llegar a convertirse en plásticas. Para evitar esto, se debe actuar sobre diversos elementos del diseño de las mezclas bituminosas (ver tablas del art. 542 del PG-3) según la zona térmica en la que se encuentre (fig. 4.1):

- Aumentar la dureza del betún en zonas cálida;
- Mejorar las características reológicas del betún empleando betunes modificados;
- Conseguir un mástic con más contenido de polvo mineral, aumentando la relación ponderal filler/betún de la mezcla. Esto es aplicable a mezclas bituminosas de tipo denso, semidenso y grueso sobre las que circulen tráfico T0, T1 y T2;
- Conseguir un comportamiento global de la mezcla más resistente a las deformaciones plásticas controlando la máxima velocidad de deformación ($\mu\text{m}/\text{min}$) en el intervalo de 105 a 120 minutos (NLT-173).

Por tanto este valor influye sobre los siguientes aspectos:

- Tipo de ligante hidrocarbonado que se debe utilizar en la fabricación de la mezcla bituminosa. Para

seleccionar el ligante también se tiene en cuenta la capa en la que se va a colocar la mezcla bituminosa y la categoría de tráfico de la calzada.

- Relación ponderal filler-betún (% en masa sobre el peso seco del árido) en la mezcla bituminosa. También se tiene en cuenta la capa en la que irá colocado el material.
- Diseño global de la mezcla que debe de cumplir ciertas características en cuanto a deformación plástica (MLT-173).
- Módulo de elasticidad (E) de la mezcla bituminosa. Esta característica es necesaria para el caso en que se dimensiona de forma analítica la sección del firme.

En cuanto a los pavimentos de hormigón, la temperatura del aire influye directamente en la retracción del material extendido, lo cual es especialmente importante si se proyecta el pavimento con juntas de contracción sin pasadores (tráficos T3 y T4). En este caso, se deberá disminuir la separación entre las juntas de 4 a 3,5 m en las zonas donde las oscilaciones diarias de la temperatura ambiente sean superiores a 20° C.

4.2.2. Influencia de la pluviometría

La pluviometría indica el agua que puede estar presente sobre la calzada y la humedad que puede existir en la explanada.

El agua presente sobre la calzada permite establecer cuál es el tipo de mezcla bituminosa más adecuada para la capa de rodadura. En zonas lluviosas (fig. 4.2) es aconsejable eliminar el agua de la calzada de la forma más rápida posible utilizando soluciones que beneficien el drenaje como pueden ser las mezclas discontinuas en capas finas (M, F) o las mezclas drenantes (PA12).

En pavimentos de hormigón, el sellado de las juntas transversales vendrá determinado por la zona pluviométrica (fig. 4.2) en la que se encuentre el pavimento siguiendo el siguiente criterio:

- Zonas lluviosas: las juntas se sellarán siempre;
- Zonas secas: se podrán dejar sin sellar.

La lluvia genera también humedad sobre la explanada que deberá tenerse en cuenta en los estudios de deflexiones llevados a cabo para el diseño de recrecimientos de firme. Los valores de deflexiones se deben obtener cuando sea posible durante la época de máxima humedad de la explanada. En caso contrario, se deberá considerar si se está en época seca, intermedia o húmeda (fig. 4.3) para aplicar un coeficiente corrector (Ch) a las deflexiones (ver tabla F.2). Los valores de lluvia que limiten los períodos húmedo, intermedio o seco vendrán determinados por la zona pluviométrica en la que se encuentre el tramo de estudio (ver tabla 4.1).

ZONA**	PRECIPITACIÓN EN EL MES DE REFERENCIA (mm)		
	PERÍODO HÚMEDO	PERÍODO INTERMEDIO	PERÍODO SECO
1	>100	70-100	<70
2	>80	50-80	<50
3	>65	45-65	<45
4	>45	30-45	<30

** Ver figura 4.3.

Tabla 4.1.: zonas con nivel de precipitación anual semejante.

4.3. Zonas climáticas en Extremadura

En la actualidad la zonificación utilizada para las características climatológicas de Extremadura suele ser la incluida en la O.C. 10/2002 del Ministerio de Fomento en la que la práctica totalidad de la región queda incluida en la zona térmica cálida. Tan sólo una franja en el norte de Cáceres está incluida en la zona térmica media. Mediante la utilización de un mayor número de estaciones meteorológicas se pueden establecer zonas térmicas y pluviométricas más detalladas dentro de Extremadura. Esta distribución se presenta en los siguientes mapas.

Para el mapa de zonas térmicas estivales (fig. 4.1) se ha considerado como valor límite entre la zona media y la cálida, la temperatura máxima igual a 40 °C. Para el mapa de zonas pluviométricas (fig. 4.2) se ha utilizado como umbral una precipitación anual de 700 mm.

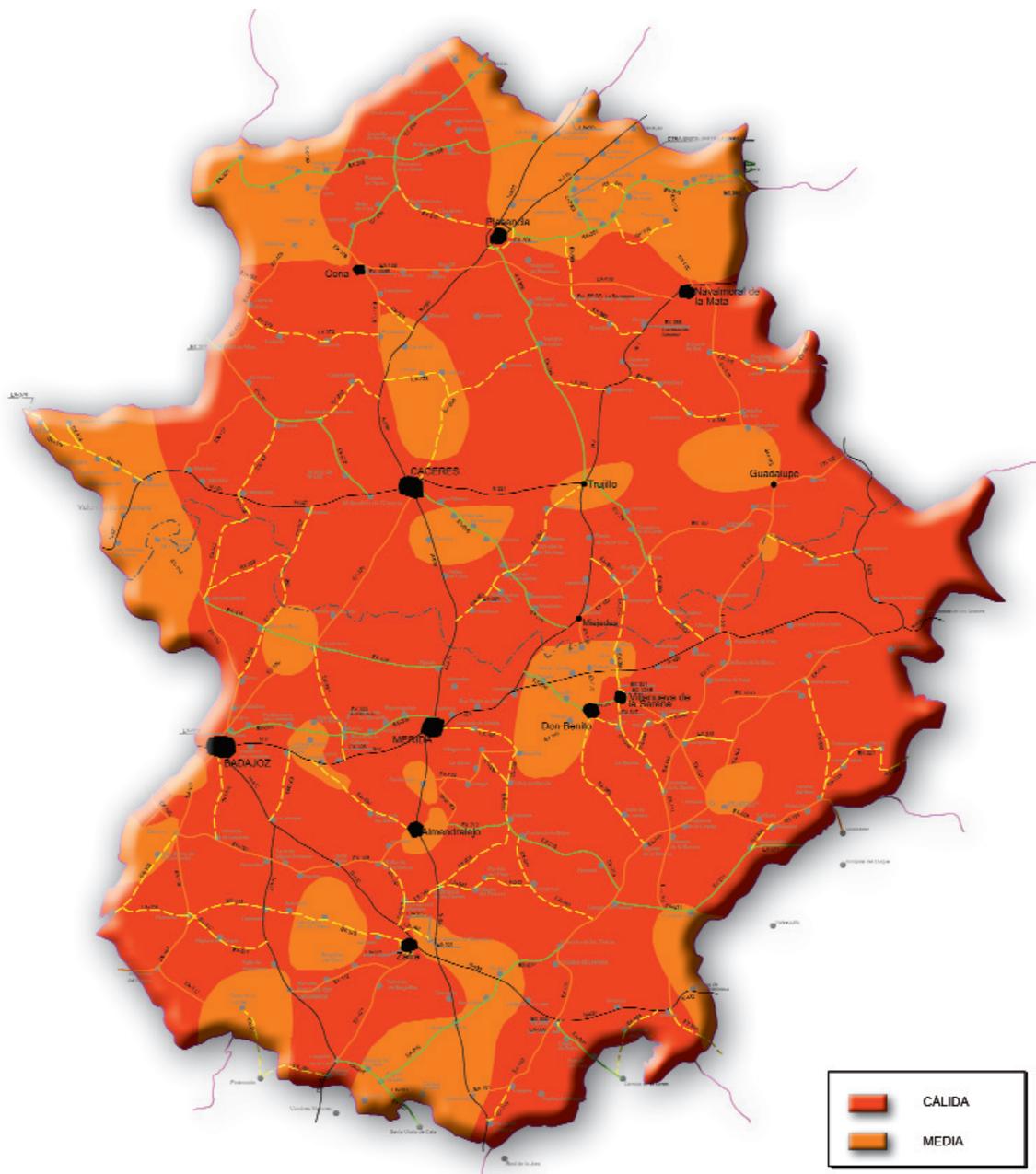


Figura 4.1. Zonas térmicas estivales.

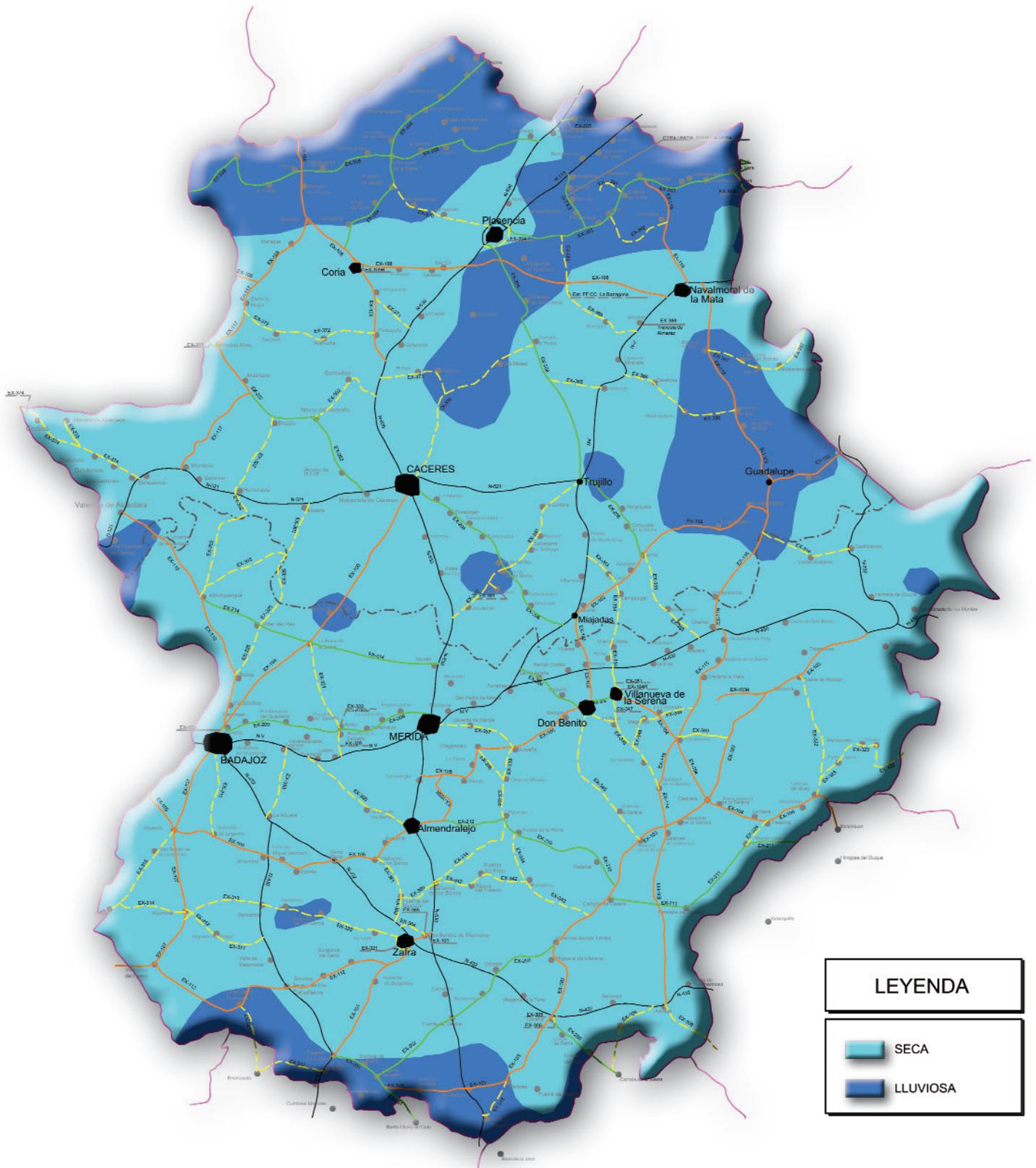


Figura 4.2. Zonas pluviométricas.

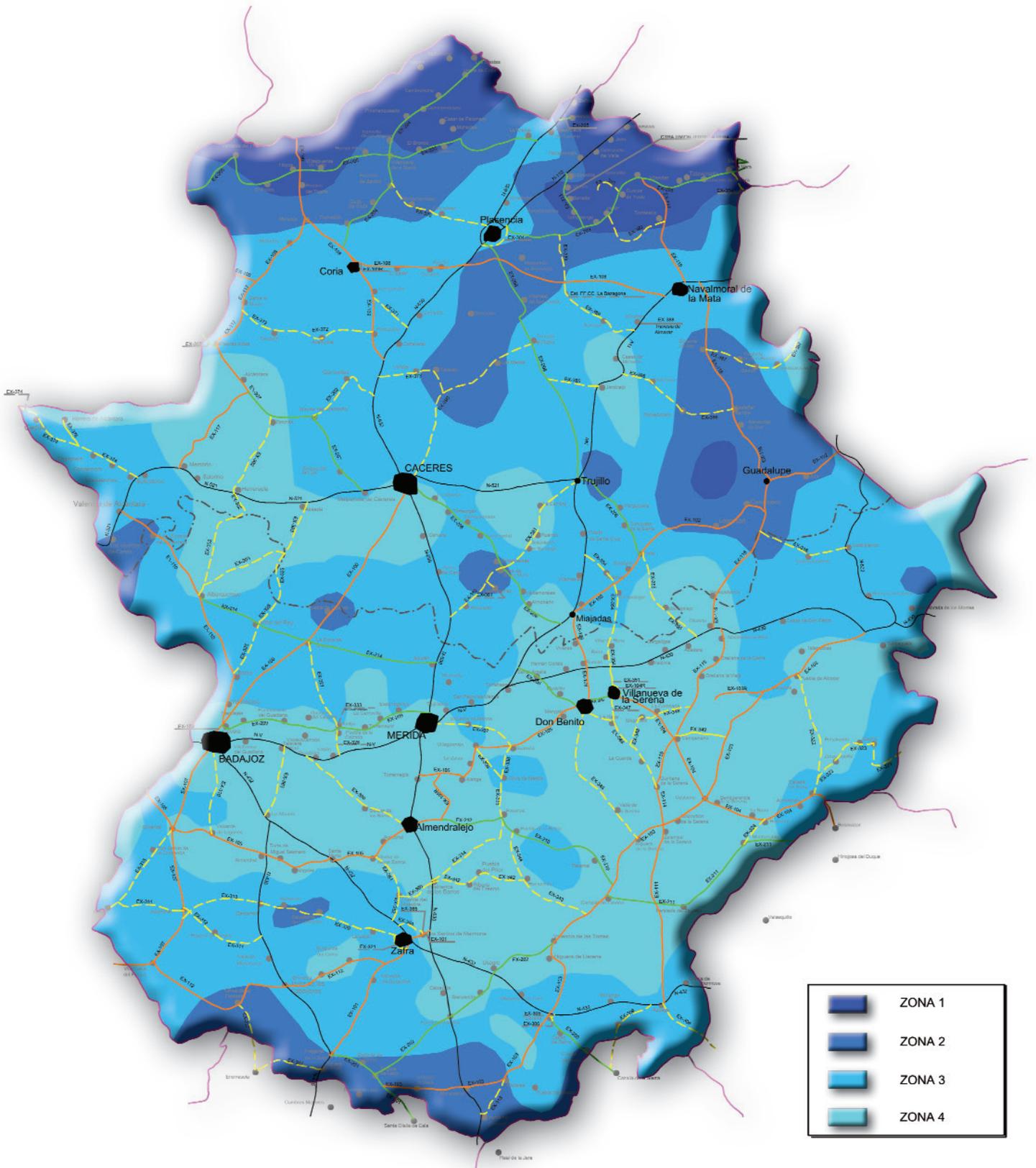


Figura 4.3. Zonas con nivel de precipitación anual semejante.

4.4. Otras fuentes de información

Para la obtención de la información climatológica más detallada de Extremadura, se pueden utilizar las siguientes publicaciones:

-Atlas climático de Extremadura. Realizado por la Universidad de Extremadura. Está compuesto por mapas que contienen información de variables termopluviométricas obtenida a partir de las estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología. También dispone de información sobre exposición a la insolación realizada con un modelo digital del terreno.

-Atlas Climático de España. Realizado por el Instituto Nacional de Meteorología. Contiene información climatológica a nivel nacional recogida en mapas.

5. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UNA SECCIÓN

Recomendaciones para el Diseño
de Secciones de Firme
Carreteras de Extremadura

5.1. Diseño de una sección de firme para nueva construcción

El diseño de una sección de firme se puede realizar mediante cualquiera de los siguientes métodos:

- Catálogo de secciones.
- Dimensionamiento analítico.

En ambos casos la solución no será única, sino que habrá que aplicar criterios técnicos y económicos para seleccionar la óptima.

5.1.1. Catálogo de secciones

Para la selección de una sección de firme será necesario tener en cuenta los siguientes factores de diseño:

- Categoría de tráfico (capítulo. 6).
- Categoría de explanada (capítulo 7).

Una vez calculados estos parámetros, se obtendrán las posibles soluciones en el catálogo de secciones (apartado. 9.2).

5.1.2. Dimensionamiento analítico

La comprobación de una sección mediante dimensionamiento analítico se basa fundamentalmente en que la sección admita un tráfico mayor o igual que el de proyecto.

$$N^{\circ} \text{ ejes admisibles} = N^{\circ} \text{ ejes de proyecto}$$

Estos valores se obtendrán de la siguiente forma:

- Nº ejes de proyecto: Anejo A: Identificación analítica de Secciones de firme (apartado A3 tráfico).
Anejo E: Estudio de tráfico.
 - Nº ejes admisibles: Anejo A: Identificación analítica de Secciones de firme (apartado A3 tráfico).
Anejo E: Estudio de tráfico.
- Modelización de los materiales del firme y de la carga.
 - Cálculo de las tensiones y deformaciones del firme.
 - Obtención del número de ejes admisibles de la estructura mediante leyes de fatiga.

5.2. Diseño de una sección de firme para recrecimiento

Para el cálculo del recrecimiento necesario se podrán utilizar dos métodos:

- Gráficos de espesores.
- Dimensionamiento analítico.

5.2.1. Gráficos de espesores

El espesor de recrecimiento se obtiene siguiendo lo indicado en el capítulo 10 y depende de los siguientes factores de dimensionamiento:

- Tipo de firme.
- Categoría de tráfico (capítulo. 6 El Tráfico).



- Deflexión de cálculo (capítulo. 10 y Anejo F Estudio de Deflexiones).

A partir de estos datos, se obtiene el espesor de recrecimiento en los gráficos incluidos en el capítulo 10 Rehabilitación de firmes mediante recrecimiento.

5.2.2. Dimensionamiento analítico

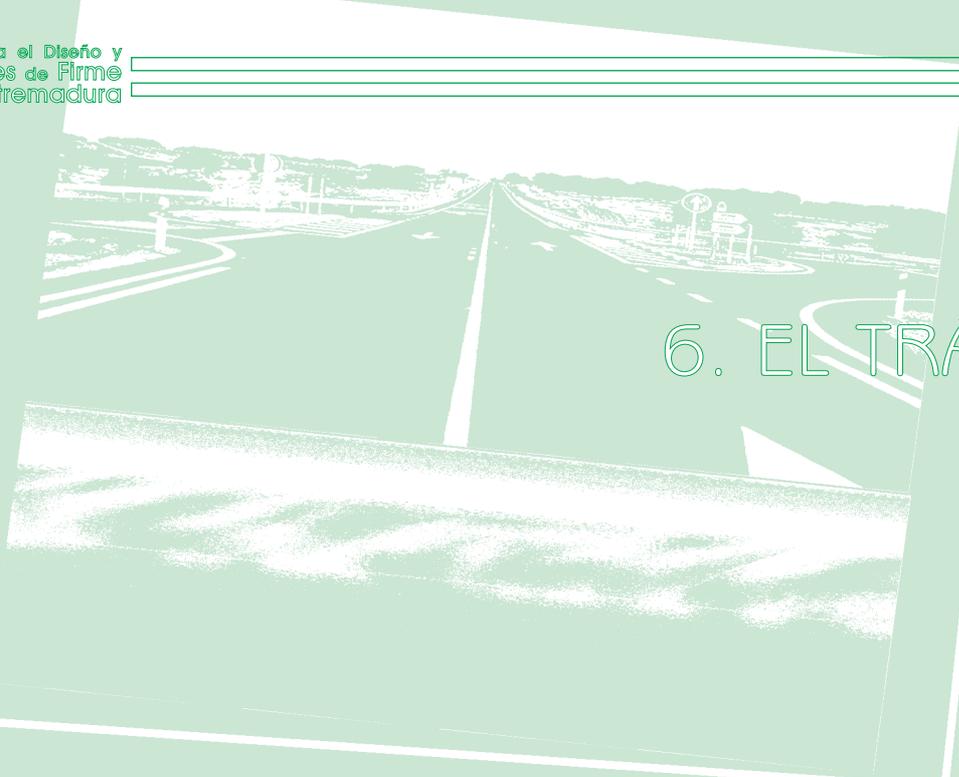
Se procederá como en las secciones nuevas, es decir, el firme antiguo más el espesor de recrecimiento debe cumplir que:

$$N^{\circ} \text{ ejes admisibles} = N^{\circ} \text{ ejes de proyecto}$$

Para la modelización del firme antiguo, se utilizará alguno de los dos procedimientos siguientes:

- Cálculo inverso de la estructura del firme a partir del análisis del cuenco de deflexiones.
- Modelización del firme antiguo como una explanada (macizo semi-indefinido) con módulo de elasticidad obtenido mediante placa de carga, deflectómetro de impacto, etc (apartado. A.4 Anejo A Justificación analítica de secciones de firme).





6. EL TRÁFICO

Recomendaciones para el Diseño y Rehabilitación de Secciones de Firme en la Red de Carreteras de Extremadura

6.1. Introducción

Las características que influyen directamente para realizar un cálculo o diseño de un firme son la intensidad de tráfico y las cargas de los vehículos. La velocidad de circulación también tiene importancia, especialmente, en zonas donde se desarrollan bajas velocidades y cargas elevadas y en las que se pueden producir deformaciones plásticas. Estas recomendaciones se ciñen al campo de las carreteras con tráficos convencionales y en las que no será necesario tener en cuenta las velocidades de circulación. Para esos casos especiales, se deberán realizar estudios específicos.

6.2. Procedimiento de cálculo del tráfico

El procedimiento de cálculo del tráfico se explica en el gráfico de la figura 6.1. y vendrá determinado por el método de diseño del firme utilizado:

- catálogo de secciones: se obtendrá una categoría de tráfico;
- dimensionamiento analítico: se obtendrán ejes equivalentes de 13 t.

Si se dispone de información de aforos y pesajes, los cálculos se realizarán con los valores de los estudios disponibles. En caso contrario, se utilizarán los valores propuestos en estas recomendaciones.

6.3. Clasificación de las categorías de tráfico pesado

A los efectos de empleo de los correspondientes catálogos de secciones estructurales normalizadas se establecen las categorías y subcategorías de tráfico pesado que figuran en la tabla 6.1.

CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO		
CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	IMD _p EN CARRIL DE PROYECTO Y AÑO DE PUESTA EN SERVICIO
T0	T0	IMD _p 2000
T1	T1	800 IMD _p <2000
T2	T2	200 IMD _p <800
T3	T31	100 IMD _p <200
	T32	50 IMD _p <100
T4	T41	25 IMD _p <50
	T42	IMD _p <25

Tabla 6.1. Categorías de tráfico pesado.

En el caso de realizar un estudio más exhaustivo de las características del tráfico y de que se disponga de datos sobre la tipología de vehículos, se podrán establecer equivalencias del espectro de vehículos con el vehículo pesado-tipo. El procedimiento para este cálculo queda indicado en el Anejo E.

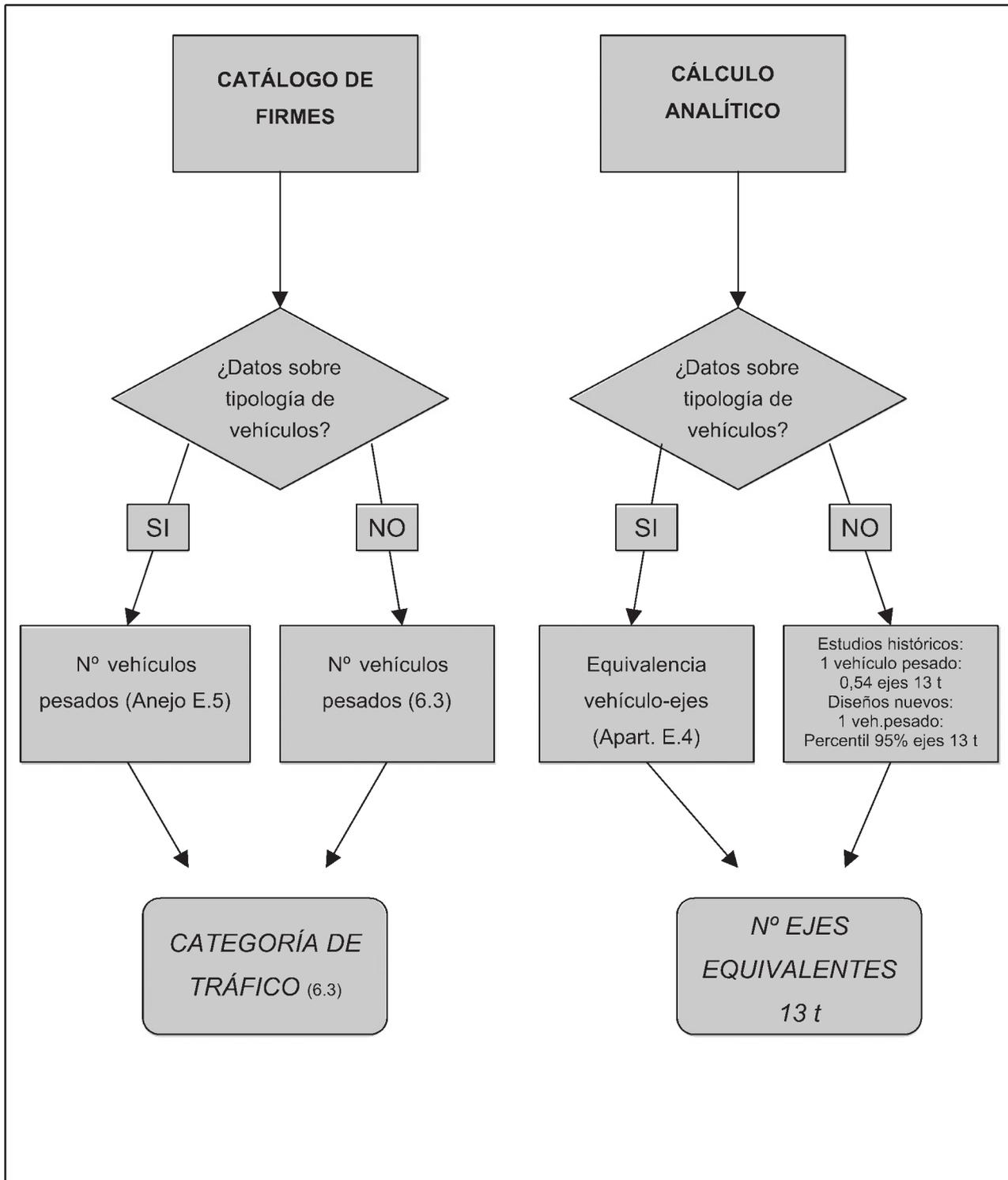


Figura 6.1. Obtención del tráfico para el dimensionamiento de firmes.

6.4. Cálculo de ejes equivalentes de 13 t

Para el dimensionamiento analítico de firmes es necesario definir la carga que se va a aplicar en el modelo de cálculo. La carga estándar para el cálculo de firmes en España es de 13 t, si bien la máxima legal permitida es 11,5 t. De esta forma se asegura cubrir los posibles sobrepesos de los vehículos pesados.

El otro valor que define la carga, número de aplicaciones, se deberá calcular para completar el modelo. Para calcular de forma correcta el número de ejes de 13 t equivalente, se deberán realizar estudios o disponer de información relativa al espectro de cargas de los vehículos que circulan por la sección a diseñar. El procedimiento de cálculo a partir de dicha información está definido en el Anejo E.

Sólo cuando no se disponga de información sobre la tipología de vehículos y no sea posible realizar un estudio, se podrá utilizar un coeficiente de equivalencia que permita obtener los ejes equivalentes a partir del número de vehículos pesados. La relación habitualmente utilizada es:

$$1 \text{ vehículo pesado} = 0,54 \text{ ejes de 13 t}$$

Este coeficiente debe usarse con prudencia teniendo en cuenta lo siguiente:

- El coeficiente de equivalencia es un valor que muestra una tendencia a descender con los años como efectos, entre otras causas, de la disminución de las cargas legales;
- Está obtenido para la Red de Carreteras del Estado donde predominan categorías de tráfico T0, T1 y T2 frente a las T3 y T4 que son las más frecuentes en las carreteras de la Junta de Extremadura;
- El valor de 0,54 es un valor medio de la distribución, especialmente válido para estudios históricos y de comportamiento. Para firmes nuevos y rehabilitaciones se debería utilizar un percentil 95 para quedar del lado de la seguridad. Este valor depende de la desviación típica de los factores de equivalencia en las estaciones de medida que es mayor para los tráficos T3 y T4 que para el resto.





7. LA EXPLANADA

Recomendaciones para el Diseño y Rehabilitación de Secciones de Firme en la Red de Carreteras de Extremadura



7.1. Introducción

La evaluación de la capacidad de soporte de la explanada sobre la que apoyará el firme se puede realizar mediante varios tipos de ensayos. El ensayo patrón y que servirá de referencia será el ensayo de placa de carga (NLT-357) mediante el cual se obtendrá un módulo de deformación de la explanada que permitirá clasificarla.

Además de este ensayo se podrán utilizar otros alternativos con mayor rendimiento o con menor coste que permitirán discriminar zonas con buen y mal comportamiento y utilizar la placa de carga, para comprobar las zonas con problemas. Estos ensayos son:

- Deflectómetro de impacto (NLT-338).
- Ensayo de huella (NLT-256).
- CBR (NLT-111).

7.2. Categoría de explanada

La categoría de explanada quedará definida según los valores del módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga del ensayo de carga con placa (NLT-357) como queda indicado en la tabla 7.1.

Categoría de explanada	Módulo mínimo E_{V2} (MPa)
E1	60
E2	120
E3	300

Tabla 7.1. Clasificación de la explanada

Además se solicita que la relación K entre el módulo de deformación obtenido en el segundo ciclo de carga, E_{V2} , y el módulo de deformación obtenido en el primer ciclo de carga, E_{V1} , no sea superior a 2,2.

Para obtener estos valores se formará la explanada escogiendo alguna de las soluciones presentadas en el siguiente apartado.

7.3. Formación de explanada

La composición de la explanada en sus distintas categorías se realizará según el tipo de suelo subyacente, bien entendido que para poder asignar a los suelos de la explanada o de la obra de tierra subyacente una determinada clasificación deberán tener un espesor mínimo de un metro (1 m.) del material indicado en la figura 7.1. En dicha figura se presentan diferentes combinaciones de materiales para formar las categorías E1, E2 y E3.

Para una correcta aplicación de la figura 7.1 se deberá tener en cuenta además que todos los espesores indicados son los mínimos especificados para cualquier punto de la sección transversal de la explanada.

Los materiales utilizados deberán cumplir una serie de prescripciones complementarias que se indican en la tabla 7.2. Estos valores se exigen para la aceptación de los materiales que se van a utilizar pero no como parámetro que represente la capacidad portante de la explanada como se realizaba tradicionalmente.

Clasificación	Material	Artículo del PG-3	Prescripciones complementarias
IN	Suelo inadecuado o marginal	330	Estabilizar con cal o cemento
0	Suelo tolerable	330	CBR \geq 3
1	Suelo adecuado	330	CBR \geq 5 (6 en coronación)
2	Suelo seleccionado	330	CBR \geq 10 (12 en coronación)
3	Suelo seleccionado	330	CBR \geq 20
S-EST	Suelo estabilizado con cemento o cal	512	Espesor entre 25 y 30 cm.

Tabla 7.2. Materiales para la formación de la explanada.

En el artículo 330 del PG-3 se indica que los valores de los módulos mínimos exigidos para la coronación (explanada) de un terraplén son los siguientes:

- Suelos seleccionados: $E_{v2} = 100$ MPa
- Resto: $E_{v2} = 60$ MPa

Sin embargo un suelo tipo 2 no deberá cumplir esta prescripción si se utiliza para componer una explanada tipo E1.

Para la selección de las formaciones recogidas en la figura 7.1 se deberá tener en cuenta si la explanada se forma en desmante o terraplén y siempre cumplir lo indicado en el artículo 330 del PG-3.

En los desmontes en roca se evitará la retención del agua en la explanada mediante un sistema de drenaje adecuado y el relleno con hormigón tipo HM-20 de las depresiones que puedan retener el agua o impedir su escorrentía. Se permitirá para tráficos T31, T32, T41 y T42 la alternativa de extender una capa de regularización de zahorra de espesor mínimo de 15 cm, previa autorización del Servicio Regional de Carreteras.

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. A tal fin se adoptarán medidas tales como la elevación de la cota de la explanada, la colocación de drenes subterráneos, la interposición de geotextiles o de una capa drenante, etc., asegurando además la evacuación del agua que se pueda infiltrar a través del firme de la calzada y de los arcenes.

TIPOS DE SUELOS DE LA EXPLANADA (DESMONTES) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPIENES, PEDRAPLENES O RELLENOS TODO-UNO)					
SUELOS INADECUADOS O MARGINALES (IN)	SUELOS TOLERABLES (O)	SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3)	ROCA (R)	
<p>E1 EVZ 60MPa</p>					
<p>E2 EVZ 120MPa</p>					
<p>E3 EVZ 300MPa</p>					<p>tipo de material</p> <p>espesor mínimo en cm.</p> <p>Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3)</p> <p>Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3)</p> <p>HM-15 (Art. 810 del PG-3)</p> <p>Formigón (separación > 15 cm)</p>

FORMACION DE LA EXPLANADA

Figura 7.1. Formación de explanadas.



7.4. Otros métodos para caracterizar la explanada

7.4.1. Deflectómetro de impacto (NLT-338/98)

En la auscultación con deflectómetro de impacto, además de las deflexiones, se puede obtener un parámetro denominado módulo de superficie que representa la rigidez equivalente de todas las capas del firme. Si esta medición se realiza sobre la explanada representará su rigidez equivalente. El deflectómetro de impacto se diferencia fundamentalmente del ensayo de carga con placa en la forma de aplicar la carga sobre el terreno que es dinámica en lugar de estática. El diámetro de la placa utilizada es de 30 cm. Una ventaja de este ensayo frente a la placa de carga es su mayor rendimiento.

El módulo de superficie bajo la placa se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_0 = 2 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \frac{\sigma_0}{\delta_0} \cdot r$$

donde

E_0 = Módulo de superficie (MPa)

ν = coeficiente de Poisson

σ = presión (MPa)

δ = deformación vertical o deflexión (mm)

r = radio de la placa (mm)

Para $\nu = 0,4$

$$E_0 = 1,68 \cdot \frac{\sigma_0}{\delta_0} \cdot r$$

7.4.2. Ensayo de CBR en laboratorio (NLT-111)

Este ensayo era el utilizado hasta ahora en la evaluación de la capacidad portante de la explanada. Según el valor obtenido se clasificaba la explanada en E1, E2 y E3. Sin embargo en la actualidad se utilizará para definir la idoneidad de los materiales para formar los distintos tipos de explanada de acuerdo a la tabla 7.3.

Clasificación	Material	Prescripciones complementarias
0	Suelo tolerable	CBR \geq 3
1	Suelo adecuado	CBR \geq 5 (6 en coronación)
2	Suelo seleccionado	CBR \geq 10 (12 en coronación)
3	Suelo seleccionado	CBR \geq 20

Tabla 7.3. Clasificación de materiales según CBR

7.4.3. Relación entre los ensayos

En el control de materiales de obras de carreteras, se han venido desarrollando relaciones entre diferentes ensayos para poder comparar resultados. En la evaluación de la capacidad portante de la explanada el mayor número de relaciones se han establecido con el ensayo CBR pues ha sido el más usado hasta la fecha. En general se admite que la relación entre el CBR y el módulo de compresibilidad de la explanada es el siguiente:

$$E_{v2} \text{ (MPa)} = 10 \cdot \text{CBR}$$

De forma teórica se puede establecer también una relación entre el módulo de compresibilidad obtenido con la placa de carga, E_{v2} , y el módulo de superficie obtenido con el deflectómetro de impacto, E_0 . Utilizando las expresiones recogidas en los apartados anteriores se obtiene que:

$$\left. \begin{aligned} E_v &= \frac{\Delta p_i}{\Delta s_i} \cdot 1,5 \cdot r \\ E_{v2} / E_{v1} &= 2,2 \\ E_0 &= \frac{p}{s} \cdot 1,68 \cdot r \end{aligned} \right\} E_{v2} = 1,96 \cdot E_0$$

Es difícil obtener una relación teórica del ensayo de huella con el resto pero sí podría establecerse en obra.

Teniendo en cuenta estas relaciones se podría establecer los valores equivalentes entre diferentes ensayos (tabla 7.4).

Categoría de explanada	Módulo mínimo E_{v2} (MPa)	Deflexión máxima δ_0 (10^{-2} mm)	CBR mínimo	Huella
E1	60	250	6	Definir en obra
E2	120	200	12	Definir en obra
E3	300	115	30	Definir en obra

Tabla 7.4. Relación entre ensayos de capacidad portante en explanadas.

En general, las zonas que cumplan los ensayos alternativos también cumplirán los valores de módulo de placa de carga. En aquellas zonas donde se detecten valores en torno a los umbrales o inferiores se deberá utilizar el ensayo patrón de la placa de carga para su comprobación.

8. LAS UNIDADES DE OBRA

Recomendaciones para el Diseño y
Rehabilitación de Secciones de Firme
en la Red de Carreteras de Extremadura

8.1. Prescripciones técnicas generales

En el presente apartado se incluyen tablas-resumen de las prescripciones técnicas generales incluidas en el PG-3 de los artículos relacionados con estas recomendaciones:

- Artículo 211: betunes asfálticos.
- Artículo 212: betunes fluidificados para riego de imprimación.
- Artículo 213: emulsiones bituminosas.
- Artículo 214: betunes fluxados.
- Artículo 215: betunes asfálticos modificados con polímeros.
- Artículo 216: emulsiones bituminosas modificadas con polímeros.
- Artículo 330: terraplenes.
- Artículo 510: zahorras.
- Artículo 512: suelos estabilizados in situ.
- Artículo 513: materiales tratados con cemento (suelocemento y gravacemento).
- Artículo 514: grava-emulsión.
- Artículo 530: riegos de imprimación.
- Artículo 531: riego de adherencia.
- Artículo 532: riegos de curado.
- Artículo 533: tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla.
- Artículo 540: lechadas bituminosas.
- Artículo 541: mezclas bituminosas en frío.
- Artículo 542: mezclas bituminosas en caliente.
- Artículo 543: mezclas bituminosas discontinuas en caliente para capas de rodadura.
- Artículo 550: pavimentos de hormigón vibrado.
- Artículo 551: hormigón magro vibrado.

211 BETUNES ASFALTICOS

211.1 DEFINICION

Se definen como betunes asfálticos los ligantes hidrocarbonados sólidos o viscosos, preparados a partir de hidrocarburos naturales por destilación, oxidación o "cracking", que contienen una baja proporción de productos volátiles, poseen propiedades aglomerantes características y son esencialmente solubles en sulfuro de carbono.

211.2 CONDICIONES GENERALES

- ⇒ Deben presentar aspecto homogéneo y estar prácticamente exentos de agua, de modo que no formen espuma cuando se calienten a la temperatura de empleo.
- ⇒ Para este artículo, la denominación del betún asfáltico se compondrá de la letra B, seguida de dos números, que indican los valores mínimo y máximo admisibles de su penetración, según NLT-124.

B
E
T
U
N
E
S

A
S
F
A
L
T
I
C
O
S

ESPECIFICACIONES DE LOS BETUNES ASFÁLTICOS

CARACTERISTICA	UNIDAD	NORMA NLT	B13/22		B40/50		B60/70		B80/100		B150/200		B200/300	
			min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
BETUN ORIGINAL														
PENETRACION (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1 mm	124	13	22	40	50	60	70	80	100	150	200	200	300
INDICE DE PENETRACION		181	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
PUNTO DE REBLANDECIMIENTO ANILLO Y BOLA	°C	125	60	72	52	61	48	57	45	53	38	45	34	41
PUNTO DE FRAGILIDAD FRAASS	°C	182	-	+1	-	-5	-	-8	-	-10	-	-15	-	-20
DUCTILIDAD (5 cm/min.)	a 15 °C	126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
	a 25 °C		10	-	70	-	90	-	100	-	100	-	-	-
SOLUBILIDAD en tolueno	%	130	99.5	-	99.5	-	99.5	-	99.5	-	99.5	-	99.5	-
CONTENIDO EN AGUA (en volumen)	%	123	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.2
PUNTO DE INFLAMACION	°C	127	235	-	235	-	235	-	235	-	220	-	175	-
(*)DENSIDAD RELATIVA (25 °C/25 °C)		122	1.0	-	1.0	-	1.0	-	1.0	-	1.0	-	0.99	-
RESIDUO DESPUÉS DE PELÍCULA FINA														
VARIACION DE MASA	%	185	-	0.5	-	0.8	-	0.8	-	1.0	-	1.4	-	1.5
PENETRACION (25 °C; 100 g; 5 s)	% p.o.	124	60	-	55	-	50	-	45	-	40	-	35	-
VARIACION PUNTO DE REBLANDECIMIENTO ANILLO Y BOLA	°C	125	-	7	-	8	-	9	-	10	-	11	-	12
DUCTILIDAD (5 cm/min.)	a 15 °C	126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
	a 25 °C		5	-	40	-	50	-	75	-	100	-	-	-

(*) Valores orientativos.

- ⇒ De acuerdo con su denominación, las características de los betunes asfálticos deberán cumplir las especificaciones de la tabla anterior.

212 BETUNES FLUIDIFICADOS PARA RIEGOS DE IMPRIMACION

212.1 DEFINICION

Se define como betún fluidificado para riegos de imprimación al ligante hidrocarbonado resultante de la incorporación a un betún asfáltico -de los definidos en el artículo 211 del presente Pliego- de fracciones líquidas, más o menos volátiles, procedentes de la destilación del petróleo y que se emplea en carreteras para la impermeabilización de capas granulares no estabilizadas.

212.2 CONDICIONES GENERALES

B
E
T
U
N
E
S

F
L
U
I
D
I
F
I
C
A
D
O
S

- ⇒ Deben presentar aspecto homogéneo y estar prácticamente exentos de agua, de modo que no formen espuma cuando se calienten a la temperatura de empleo.
- ⇒ No deberá presentar signos de coagulación antes de su utilización.
- ⇒ A efectos de aplicación de este artículo, la denominación del tipo de betún fluidificado para riegos de imprimación será FM100, cuyas características deberán cumplir las especificaciones de la siguiente tabla .

CARACTERISTICA	UNIDAD	NORMA NLT	FM100	
			mín.	máx.
BETÚN FLUIDIFICADO				
PUNTO DE INFLAMACIÓN	°C	136	38	-
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL a 25 °C	s	133	75	150
DESTILACIÓN (% sobre volumen total destilado hasta 360 °C)	a 225 °C	134	-	25
	a 260 °C		40	70
	a 316 °C		75	93
RESIDUO DE DESTILACIÓN a 360 °C (% en volumen por diferencia)	%	134	50	60
CONTENIDO DE AGUA (en volumen)	%	123	-	0.2
RESIDUO DE DESTILACIÓN				
PENETRACIÓN (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1 mm	124	120	300
DUCTILIDAD (25 °C, 5 cm/min.)	cm	126	100	-
SOLUBILIDAD en tolueno	%	130	99.5	-

213 EMULSIONES BITUMINOSAS

213.1 DEFINICION

Se definen como emulsiones bituminosas las dispersiones de pequeñas partículas de un ligante hidrocarbonado en una solución de agua y un agente emulsionante de carácter aniónico o catiónico, lo que determina la denominación de la emulsión.

213.2 CONDICIONES GENERALES

GENERALIDADES

- ⇒ Las emulsiones bituminosas se fabricarán a base de betún asfáltico -de los definidos en el artículo 211 del presente Pliego- agua, emulsionantes y, en su caso, fluidificantes.
- ⇒ Las emulsiones bituminosas deberán presentar un aspecto homogéneo y una adecuada dispersión del betún en la fase acuosa.
- ⇒ La denominación del tipo de emulsión bituminosa se compondrá de los siguientes elementos:
 - Las letras EA o EC: tipo de emulsionante utilizado, aniónico o catiónico.
 - Las letras R, M, L o I: tipo de rotura (rápida, media o lenta), o emulsión especial para riegos de imprimación.
 - En algunos casos un guión (-) y el número 1, 2 ó 3, indicador de su contenido de betún residual.
 - En su caso, la letra b ó d, para emulsiones bituminosas con una menor o mayor penetración en el residuo de destilación.
- ⇒ Para carreteras se utilizan las emulsiones relacionadas en las siguientes tablas, las que deberán cumplir las especificaciones indicadas.

ANIÓNICAS

ESPECIFICACIONES DE LAS EMULSIONES BITUMINOSAS ANIÓNICAS

CARACTERISTICA	UNIDAD	NORMA NLT	EAR-1		EAR-2		EAM		EAL-1		EAL-2		EAI(1)	
			min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.
EMULSION ORIGINAL														
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL a 25 °C	s	138	-	50	50	-	40	-	-	100	-	50	-	50
CARGAS DE LAS PARTICULAS		194	negativa		negativa		negativa		negativa		negativa		negativa	
CONTENIDO EN AGUA (en volumen)	%	137	-	40	-	35	-	40	-	45	-	40	-	50
BETUN ASFALTICO RESIDUAL	%	139	60	-	65	-	57	-	55	-	60		40	-
FLUIDIFICANTE POR DESTILACION (en volumen)	%	139	-	0	-	0	-	10	-	8	-	1	5	15
SEDIMENTACION (a 7 días)	%	140	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	-	10
TAMIZADO	%	142	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10
ESTABILIDAD: ENSAYO DE DEMULSIBILIDAD (35 cm ³ Cl ₂ Ca 0,02N)	%	141	60	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESTABILIDAD: ENSAYO DE MEZCLA CON CEMENTO	%	144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
RESIDUO POR DESTILACION (NLT-139)														
PENETRACION (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1 mm	124	130 (*)	200 (*)	130 (*)	200 (*)	130	250	130 (*)	200 (*)	130 (*)	200 (*)	200	300
			(*)60	(*)100	(*)60	(*)100			(*)60	(*)100	(*)60	(*)100	(**)	(**)
											(***)220	(***)330		
DUCTILIDAD(25°C; 5cm/min)	cm	126	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
SOLUBILIDAD en tolueno	%	130	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-

(*) Estas emulsiones con residuos por destilación más duros se denominarán con el tipo correspondiente, seguido de la letra d.

(**) Estas emulsiones para su empleo en reciclado de materiales bituminosos y/o granulares se denominarán con el tipo correspondiente, seguido de la letra b.

(1) Emulsión bituminosa específica para riegos de imprimación

213.2 CONDICIONES GENERALES

continuación

C
A
T
I
O
N
I
C
A
S

ESPECIFICACIONES DE LAS EMULSIONES BITUMINOSAS CATIONICAS

CARACTERISTICA	UNIDAD	NORMA NLT	ECR-1		ECR-2		ECR-3		ECM		ECL-1		ECL-2		ECI(1)	
			min.	máx.	min.	máx.										
EMULSION ORIGINAL																
VISCOSIDAD SAYBOLT	FUROL a 25 °C	s	138	-	50	-	-	-	-	-	-	100	-	50	-	50
	FUROL a 50 °C			-	-	20	-	40	-	20	-	-	-	-	-	-
CARGAS DE LAS PARTICULAS		194	positiva		positiva											
CONTENIDO EN AGUA (en volumen)	%	137	-	43	-	37	-	32	-	35	-	45	-	40	-	50
BETUN ASFALTICO RESIDUAL	%	139	57	-	63	-	67	-	59	-	55	-	60		40	-
FLUIDIFICANTE POR DESTILACION (en volumen)	%	139	-	5	-	5	-	2	-	12	-	8	-	1	5	15
SEDIMENTACION (a 7 días)	%	140	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	-	10	-	10
TAMIZADO	%	142	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10
ESTABILIDAD: ENSAYO DE MEZCLA CON CEMENTO	%	144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
RESIDUO POR DESTILACION (NLT-139)																
PENETRACION (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1 mm	124	130 (*)60	200 (*)100	200 (**)220	300 (**)330										
DUCTILIDAD(25°C; 5cm/min)	cm	126	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
SOLUBILIDAD en tolueno	%	130	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-

(*) Estas emulsiones con residuos por destilación más duros se denominarán con el tipo correspondiente, seguido de la letra d.

(**) Estas emulsiones para su empleo en reciclado de materiales bituminosos y/o granulares se denominarán con el tipo correspondiente, seguido de la letra b.

(1) Emulsión bituminosa específica para riegos de imprimación

⇒ Las emulsiones tipo EAL-2 y ECL-2 que no cumplan la especificación de mezcla con cemento, podrán ser aceptadas previa comprobación de su idoneidad para el uso que se destinen.

⇒ Los valores límite para la adhesividad y envuelta, así como los métodos de determinarlos serán los que se especifiquen en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para la unidad de obra de la que forme parte.

214 BETUNES FLUXADOS

214.1 DEFINICION

Se definen como betunes fluxados los productos resultantes de la incorporación a un betún asfáltico - de los definidos en el artículo 211 del presente Pliego- de fracciones líquidas, más o menos volátiles, procedentes de la destilación del alquitrán.

214.2 CONDICIONES GENERALES

B
E
T
U
N
E
S

F
L
U
X
A
D
O
S

- ⇒ Deben presentar aspecto homogéneo y estar prácticamente exentos de agua, de modo que no formen espuma cuando se calienten a la temperatura de empleo.
- ⇒ No deben presentar signos de coagulación antes de su utilización.
- ⇒ La denominación de los betunes fluxados se compondrá de:
 - Las letras FX.
 - Un número indicativo del valor de su viscosidad STV medido según la NLT-187.
- ⇒ Para carreteras se utilizan los betunes fluxados relacionados en la siguiente tabla, los que deben cumplir las especificaciones indicadas.

ESPECIFICACIONES DE BETUNES FLUXADOS

CARACTERISTICA	UNIDAD	NORMA NLT	FX175		FX350		
			min.	max.	min.	max.	
BETÚN FLUXADO ORIGINAL							
PUNTO DE INFLAMACIÓN	°C	136	60	-	60	-	
VISCOSIDAD STV (orificio 10 mm, 40 °C)	s	187	150	200	300	400	
DESTILACIÓN (% sobre volumen total destilado hasta 360 °C)	A 190 °C	134	-	10	-	10	
	A 225 °C		-	25	-	25	
	A 316 °C		-	75	-	75	
RESIDUO DE DESTILACIÓN a 360 °C (en volumen por diferencia)	%	134	90	-	92	-	
FENOLES (en volumen)	%	190	-	1.5	-	1.5	
NAFTALINA (en volumen)	%	191	-	2.0	-	2.0	
RESIDUO DE DESTILACIÓN							
PENETRACIÓN (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1 mm	124	100	150	100	150	

215 BETUNES ASFÁLTICOS MODIFICADOS CON POLÍMEROS

215.1 DEFINICION

Se definen como betunes asfálticos modificados con polímeros los ligantes hidrocarbonados resultantes de la interacción física y/o química de polímeros con un betún asfáltico - de los definidos en el artículo 211 del presente Pliego.

Se consideran comprendidos, dentro de este artículo, los betunes modificados suministrados a granel y los que se fabriquen en el lugar de empleo, en instalaciones específicas independientes. Quedan excluidos, los obtenidos a partir de adiciones incorporadas a los áridos o en el mezclador de la planta de fabricación de la unidad de obra de la que formen parte.

215.2 CONDICIONES GENERALES

BETUNES MODIFICADOS

- ⇒ Deben presentar un aspecto homogéneo y estar prácticamente exentos de agua, de modo que no formen espuma cuando se calienten a la temperatura de empleo.
- ⇒ La denominación de los betunes asfálticos modificados con polímeros, se compone de los siguientes elementos:
 - Las letras BM
 - Un guión
 - Un número y en su caso una letra minúscula, que indiquen el tipo a que pertenecen.
- ⇒ En la siguiente tabla se relacionan los utilizados en carreteras, los que deben cumplir las especificaciones indicadas.

ESPECIFICACIONES DE BETUNES ASFÁLTICOS MODIFICADOS CON POLÍMEROS

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	NORMA NLT	BM-1		BM-2		BM-3a		BM-3b		BM-3c		BM-4		BM-5	
			min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
BETUN ORIGINAL																
PENETRACION (25°C; 100g; 5s)	0,1 mm	124	15	30	35	50	55	70	55	70	55	70	80	130	150	200
PUNTO DE REBLANDECIMIENTO ANILLO Y BOLA	°C	125	70	-	65	-	58	-	60	-	65	-	60	-	55	-
PUNTO DE FRAGILIDAD FRAASS	%	182	-	-4	-	-8	-	-10	-	-12	-	-15	-	-15	-	-20
DUCTILIDAD (5cm/min)	a 5 °C	126	-	-	2	-	4	-	25	-	30	-	40	-	50	-
	a 25 °C		10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSISTENCIA (Flotador a 60°C)	s	183	3000	-	2000	-	700	-	1200	-	2000	-	1200	-	1200	-
RESIDUO DESPUES DE PELICULA FINA																
VARIACION DE MASA	%	185	-	0.8	-	0.8	-	1.0	-	1.0	-	1.0	-	1.4	-	1.5
PENETRACION (25°C; 100g; 5s)	% p.o.	124	70	-	70	-	65	-	65	-	65	-	60	-	55	-
VARIACION DEL PUNTO DE REBLANDEC. ANILLO Y BOLA	°C	125	-4	+8	-4	+8	-5	+10	-5	+10	-5	+10	-6	+10	-6	+10
DUCTILIDAD (5cm/min)	a 5 °C	126	-	-	1	-	2	-	12	-	15	-	20	-	25	-
	a 25 °C		5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(*) No se exigirá esta prescripción cuando los elementos de transporte y almacenamiento estén provistos de un sistema de homogeneización adecuado, aprobado por el Director de las Obras.

- ⇒ La viscosidad del betún asfáltico modificado con polímeros deberá ser compatible con la temperatura de fabricación de la unidad de obra, inferior a 190 °C para betunes BM-1 e inferior a 180 °C, para el resto de los betunes especificados en este artículo.

216 EMULSIONES BITUMINOSAS MODIFICADAS CON POLIMEROS

216.1 DEFINICION

Se definen como emulsiones bituminosas modificadas con polímeros las dispersiones de pequeñas partículas de un ligante hidrocarbonado y de un polímero en una solución de agua y un agente emulsionante de carácter aniónico o catiónico, lo que determinará la denominación de la emulsión.

216.2 CONDICIONES GENERALES

- EMULSIONES MODIFICADAS
- ⇒ Se fabricarán a base de betún asfáltico modificado con polímeros -de los definidos en el artículo 215 del PG-3- o de betún asfáltico -de los definidos en el artículo 211 del PG-3- y polímero, agua, emulsionantes y, en su caso, fluidificantes.
 - ⇒ Las emulsiones bituminosas modificadas con polímeros deberán presentar un aspecto homogéneo y una adecuada dispersión del betún en la fase acuosa.
 - ⇒ La denominación del tipo de emulsión bituminosa modificada con polímeros se compondrá de los siguientes elementos:
 - Las letras EA o EC: tipo de emulsionante utilizado, aniónico o catiónico.
 - Las letras R, M o L: tipo de rotura (rápida, media o lenta).
 - En algunos casos un guión (-) y el número 1, 2 ó 3, indicador de su contenido de betún residual.
 - Un guión y la metra m, que identifica el tipo de emulsión especificada en el presente artículo.
 - Si el polímero modificador tiene menor penetración en el residuo por evaporación se añadirá la letra "d" a continuación del número 1, 2 ó 3.
 - ⇒ Para carreteras se utilizan las emulsiones relacionadas en las siguientes tablas, las que deberán cumplir las especificaciones indicadas.

ESPECIFICACIONES DE EMULSIONES BITUMINOSAS MODIFICADAS CON POLÍMEROS

CARACTERISTICA	UNIDAD	NORMA NLT	ECR-1-m		ECR-2-m		ECR-3-m		ECM-m		EAM-m		ECL-2-m		
			mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
EMULSIÓN ORIGINAL															
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL	a 25 °C	s	138	-	50	-	-	-	-	-	-	40	-	-	50
	a 50 °C			-	-	20	-	40	-	20	-	-	-	-	-
CARGAS DE LAS PARTICULAS		194	Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Negativa		Positiva		
CONTENIDO DE AGUA (en volumen)	%	137	-	43	-	37	-	32	-	35	-	40	-	40	
BETUN ASFALTICO RESIDUAL	%	139	57	-	63	-	67	-	59	-	57	-	60	-	
FLUIDIFICANTE POR DESTILACION	%	139	-	5	-	5	-	2	-	12	-	10	-	0	
SEDIMENTACIÓN (a los 7 días)	%	140	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	-	10	
TAMIZADO	%	142	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	
ESTABILIDAD: ENSAYO DE MEZCLA CON CEMENTO	%	144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
RESIDUO POR EVAPORACIÓN A 163 °C (NLT-147)															
PENETRACION (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1 mm	124	120 (*)50	200 (*)90	120 (*)50	200 (*)90	120 (*)50	200 (*)90	100 -	220 -	100 -	220 -	100 (*)50	150 (*)90	
PUNTO DE REBLANDECIMIENTO ANILLO Y BOLA	°C	125	45 (*)55	-	45 (*)55	-	45 (*)55	-	40 -	-	40 -	-	45 (*)55	-	
DUCTILIDAD(5°C; 5cm/min)	cm	126	10	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10	-	
RECUPERACIÓN ELÁSTICA (25 °C; torsión)	%	329	12	-	12	-	12	-	12	-	12	-	12	-	

(*) Estas emulsiones con residuos por evaporación más duros, se denominarán con el tipo correspondiente, añadiendo la letra d a continuación del número 1, 2 ó 3. (Ejemplo: ECR-1d-m).

330 TERRAPLENES

330.1 DEFINICION

Esta unidad consiste en la extensión y compactación, por tongadas, de los materiales cuyas características se definen en el apartado 330.3 de este artículo, en zonas de tales dimensiones que permitan de forma sistemática la utilización de maquinaria pesada con destino a crear una plataforma sobre la que se asiente el firme de una carretera.

330.3 MATERIALES

GENERALIDADES

330.3.2 Características de los materiales

⇒ Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes, según UNE 103101:

- Material que pasa por el tamiz 20 UNE: > 70 %.
- Material que pasa por el tamiz 0,080 UNE: ≥ 35 %

⇒ Además de los suelos naturales, se podrán utilizar productos procedentes de procesos industriales o de manipulación humana, siempre que cumplan las especificaciones de este artículo y que sus características físico-químicas garanticen la estabilidad presente y futura del conjunto.

SELECCIONADOS

330.3.3 Clasificación de los materiales

330.3.3.1 Suelos seleccionados

⇒ Se considerarán como tales aquellos que cumplen las siguientes condiciones:

CARACTERISTICA	VALOR ADMISIBLE
CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA, (UNE 103204).	MO < 0,2%
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES, INCLUIDO YESO; (NLT 114)	SS < 0,2%
TAMAÑO MAXIMO	Dmax ≤ 100 mm
CERNIDO POR TAMIZ 0,40 UNE	≤ 15%

⇒ Si no cumple la última condición, deberá cumplir todas las siguientes:

CARACTERISTICA		VALORES ADMISIBLES		
		CERNIDO POR TAMIZ UNE		
GRANULOMETRIA		2 UNE	0,40 UNE	0.080
		< 80%	< 75%	< 25%
PLASTICIDAD	LL, (UNE 103103).	< 30		
	IP (UNE 103103/103104).	< 10		

ADECUADOS

330.3.3.2 Suelos adecuados

⇒ Se considerarán como tales los que no pudiendo ser clasificados como suelos seleccionados cumplan las condiciones mencionadas en la tabla siguiente:

330.3 MATERIALES		Continuación			
A D E C U A D O S	330.3.3.2 Suelos adecuados			<i>Continuación.</i>	
	CARACTERISTICA		VALOR ADMISIBLE		
	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA, (UNE 103204)		MO < 1%		
	CONTENIDO DE SALES SOLUBLES, INCLUIDO YESO; (NLT 114)		SS < 0,2%		
	TAMAÑO MAXIMO		Dmax ≤ 100 mm		
	GRANULOMETRIA		CERNIDO POR TAMIZ UNE		
			2 UNE	0,080 UNE	
			< 80%	< 35%	
	PLASTICIDAD	LL, (UNE 103103).	< 40		
	Si LL > 30, entonces IP > 4.				
T O L E R A B L E S	330.3.3.3 Suelos tolerables				
	⇒ Se considerarán como tales los que no pudiendo ser clasificados como suelos seleccionados ni adecuados, cumplen las condiciones siguientes:				
	CARACTERISTICA		VALOR ADMISIBLE		
	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA, (UNE 103204)		MO < 2%		
	CONTENIDO DE YESO; (NLT 115)		< 5%		
	CONTENIDO DE OTRAS SALES SOLUBLES, DISTINTAS AL YESO; (NLT 114)		SS < 1%		
	LL (UNE 103103)		< 65		
	Si LL > 40, entonces IP > 0,73(LL-20)				
	Asiento en ensayo de colapso, NLT-254, para muestra remoldeada según Próctor normal UNE 103500, y presión de ensayo de 0,2 MPa.		< 1%		
	Hinchamiento libre, UNE 103601, para muestra remoldeada según Próctor normal, UNE 103500.		< 3%		
M A R G I N A L E S	330.3.3.4 Suelos marginales				
	⇒ Los que no son seleccionados, adecuados ni tolerables, pero que cumplan las siguientes condiciones:				
	CARACTERISTICA		VALOR ADMISIBLE		
	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA, (UNE 103204).		MO < 5%		
	Hinchamiento libre, UNE 103601, para muestra remoldeada según Próctor normal, UNE 103500.		< 5%		
	Si LL > 90, entonces IP < 0,73(LL-20)				
	I N A D E C U A D O S	330.3.3.5 Suelos inadecuados			
		⇒ Los que no se puedan incluir en las categorías anteriores.			
		⇒ Las turbas y otros suelos que contengan materiales perecederos u orgánicos tales como tocones, ramas, etc.			
		⇒ Los que puedan resultar insalubres para las actividades que sobre los mismos se desarrollen.			

330.4 EMPLEO

E
M
P
L
E
O

330.4.1 Uso por zonas

TIPO DE SUELO	USO DEL TIPO DE SUELO DE ACUERDO A LA ZONA DEL TERRAPLEN			
	ZONA DEL TERRAPLEN			
	CORONACION	CIMIENTO	NUCLEO	ESPALDONES
SELECCIONADOS	SI. (1), (2), (3).	SI. (4), (5), (7)	SI. (5).	Usar materiales que satisfagan condiciones de: - Impermeabilidad. - Resistencia. - Peso estabilizador. - Protección a la erosión. (2), (6).
ADECUADOS				
TOLERABLES	NO			
MARGINALES	NO	NO	NO	
INADECUADOS	NO	NO	NO	

- (1): Si su capacidad de soporte (placa de carga y CBR) es la requerida para el tipo de explanada previsto en el Proyecto y el PPTP.
 (2): No usar suelos expansivos o colapsables.
 (3): Si bajo la coronación existe material expansivo o colapsable o con contenido de sulfatos solubles > 2%, UNE 103201, evitar infiltración de agua hacia el resto del relleno.
 (4): Siempre que las condiciones de drenaje o estanquidad lo permitan.
 (5): Si CBR en obra ≥ 3 , UNE 103502.
 (6): Si en el núcleo existe suelo expansivo o colapsable o con contenido sulfatos solubles >2%, UNE 103201, evitar infiltración de agua hacia el mismo.
 (7): Características del terreno de apoyo sean adecuadas.

330.4.4 PRECAUCIONES ESPECIALES CON DISTINTOS TIPOS DE SUELOS

C
O
L
A
P
S
A
B
L
E
S

330.4.4.1 Suelos colapsables

- ⇒ Son aquellos en los que una muestra remoldeada y compactada con la densidad y humedad remoldeada del ensayo Próctor normal, UNE 103500, sufra un asiento superior al 1 % de la altura inicial de la muestra cuando se ensaye según NLT 254 y presión de ensayo de 0,2 MPa.
- ⇒ No se usarán en coronación ni espaldones.
- ⇒ Su uso en núcleo y en cimiento dependerá de un estudio especial que, defina las disposiciones y cuidados a adoptar para su uso, teniendo en cuenta:
- La funcionalidad del terraplén.
 - El grado de colapsabilidad del suelo.
 - Las condiciones climáticas y de niveles freáticos.
- ⇒ Se compactarán del lado húmedo, del Próctor de referencia; se tendrá en cuenta el apartado 330.4.3 ó algún otro criterio convenientemente justificado.

E
X
P
A
N
S
I
V
O
S

330.4.4.2 Suelos expansivos

- ⇒ Son aquellos en los que en una muestra remoldeada y compactada con la densidad y humedad óptimas del Próctor normal, UNE 103500, supere un hinchamiento libre de 3%, cuando se ensaye según UNE 103601.
- ⇒ No se usarán en coronación ni espaldones.

330.4.4 PRECAUCIONES ESPECIALES CON DISTINTOS TIPOS DE SUELOS

**E
X
P
A
N
S
I
V
O
S**

330.4.4.2 Suelos expansivos, *Continuación.*

- ⇒ Su uso en núcleo dependerá de un estudio especial que, defina las disposiciones y cuidados a adoptar para su uso, teniendo en cuenta:
 - La funcionalidad del relleno tipo terraplén.
 - Las características de permeabilidad de la coronación y espaldones.
 - El hinchamiento libre.
 - Las condiciones climáticas.
- ⇒ No se usarán en ningún caso suelos cuyo hinchamiento libre, UNE 103601, sea > 5%.
- ⇒ Se compactarán ligeramente del lado húmedo, del Próctor de referencia; se tendrá en cuenta el apartado 330.4.3 ó algún otro criterio convenientemente justificado.

**S
U
E
L
O
S

C
O
N

Y
E
S
O
S**

330.4.4.3 Suelos con yesos

USOS DE SUELOS CON YESO, SEGÚN SU CONTENIDO (NLT 115)

CONTENIDO DE YESO	ZONA DEL TERRAPLEN			
	CORONACION	CIMIENTO	NUCLEO	ESPALDONES
< 0,2%	SI	SI	SI	SI
0,2% y 2%	NO	NO	SI (1)	NO
2% y 5%	NO	NO	SI (2)	NO
5% y 20%	NO	NO	SI (3)	NO
> 20%	NO	NO	NO	NO

- (1): No se necesita precaución especial en la ejecución de la coronación y los espaldones.
- (2): Se deben adoptar cuidados y materiales de características especiales en coronación y en los espaldones.
- (3): Siempre que se tomen, entre otras, las siguientes medidas para evitar la disolución con posible producción de asientos o pérdida de resistencia:
 - El núcleo deberá constituir una masa compacta e impermeable.
 - Medidas de drenaje e impermeabilizaciones para impedir el acceso al relleno de las aguas tanto superficiales como profundas.

- ⇒ Para yeso > 2% determinar el posible carácter expansivo o colapsable del suelo y adoptar medidas oportunas según apartados 330.4.4.1 y 330.4.4.2.
- ⇒ También se tendrá en cuenta la posible agresividad de estas sales al hormigón y la posible contaminación que puedan originar en los terrenos colindantes.

**S
U
E
L
O
S

C
O
N

O
T
R
A
S

S
A
L
E
S**

330.4.4.4 Suelos con otras sales solubles

USOS DE SUELOS CON OTRAS SALES SOLUBLES

CONTENIDO DE SALES	ZONA DEL TERRAPLEN			
	CORONACION	CIMIENTO	NUCLEO	ESPALDONES
< 0,2%	SI	SI	SI	SI
0,2% y 1%	NO	NO	SI (1)	NO
> 1%	Se requiere un estudio especial, aprobado expresamente por el Director de las Obras.			

- (1): No se necesita precaución especial en la ejecución de la coronación y los espaldones.

330.4.4 PRECAUCIONES ESPECIALES CON DISTINTOS TIPOS DE SUELOS

**C
O
N
O
R
G
A
N
I
C
A
M
A
T
E
R
I
A**

330.4.4.5 Suelos con materia orgánica

- ⇒ Cuando se sospeche que un suelo pueda contener materia orgánica, ésta se determinará según UNE 103204.
- ⇒ En rellenos tipo terraplén de hasta 5 m de altura, se podrán admitir en el núcleo materiales con hasta un 5% de materia orgánica, siempre que las deformaciones previsibles se hayan tenido en cuenta en el Proyecto.
- ⇒ Para terraplenes de más de 5 m de altura el uso de suelos con materia orgánica, MO > 2% habrá de justificarse con un estudio especial.
- ⇒ En coronación el contenido de materia orgánica será inferior al uno por ciento (1%).

330 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

**C
O
M
P
A
C
T
A
C
I
O
N**

330.4.2 Grado de compactación

- ⇒ El Proyecto o el Director de Obra indicará el ensayo de referencia:
 - Proctor normal, UNE 103500.
 - Proctor modificado, UNE 103501.
- ⇒ En caso de omisión se utilizará el Proctor modificado.
- ⇒ No obstante, en suelos expansivos se aconseja el uso del Proctor Normal.

DENSIDAD SECA MINIMA EN SUELOS TOLERABLES, ADECUADOS Y SELECCIONADOS

CORONACION	CIMIENTO, NUCLEO Y ESPALDONES
100% (*)	95% (*)

(*): de la máxima del Proctor de referencia.

**H
U
M
E
D
A
D**

330.4.3 Humedad de puesta en obra

- ⇒ La humedad de puesta en obra se establecerá teniendo en cuenta:
 - Densidad y el grado de saturación exigidos.
 - El comportamiento del material a largo plazo ante posibles cambios de dicha humedad (por ejemplo expansividad o colapso).
 - La humedad del material al excavarlo (en su yacimiento original) y su evolución durante la puesta en obra (condiciones climáticas y manipulación).
- ⇒ La humedad inmediatamente después de la compactación, será tal que el grado de saturación se encuentre entre los grados de saturación correspondientes a las humedades siguientes:

TIPO DE SUELO	
EXPANSIVOS O COLAPSABLES	DEMÁS CASOS
-1% a +3% (*)	-2% a +1% (*)

(*): De la óptima del Proctor de referencia.

330 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA <i>Continuación</i>												
C O N T R O L	<p>330.6.5 Control de la compactación</p> <p>⇒ La compactación de una tongada es aceptable, si cumple los siguientes requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La densidad seca "in situ" es superior al máximo valor mínimo establecido y el grado de saturación está dentro de los límites establecidos. • El módulo de deformación vertical en el segundo ciclo de carga, Ev_2, NLT 357, cumplirá lo establecido en la siguiente tabla. <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">TIPO DE SUELO</th> <th colspan="2">ZONA DEL TERRAPLEN</th> </tr> <tr> <th>CIMIENTO, NUCLEO Y ESPALDONES</th> <th>CORONACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SELECCIONADOS</td> <td>$Ev_2 \geq 50$ MPa</td> <td>$Ev_2 \geq 100$ MPa</td> </tr> <tr> <td>DEMÁS CASOS</td> <td>$Ev_2 \geq 30$ MPa</td> <td>$Ev_2 \geq 60$ MPa</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> • En el ensayo de placa, NLT 357, la relación K, entre Ev_2 y Ev_1: $K \leq 2,2$. 	TIPO DE SUELO	ZONA DEL TERRAPLEN		CIMIENTO, NUCLEO Y ESPALDONES	CORONACION	SELECCIONADOS	$Ev_2 \geq 50$ MPa	$Ev_2 \geq 100$ MPa	DEMÁS CASOS	$Ev_2 \geq 30$ MPa	$Ev_2 \geq 60$ MPa
TIPO DE SUELO	ZONA DEL TERRAPLEN											
	CIMIENTO, NUCLEO Y ESPALDONES	CORONACION										
SELECCIONADOS	$Ev_2 \geq 50$ MPa	$Ev_2 \geq 100$ MPa										
DEMÁS CASOS	$Ev_2 \geq 30$ MPa	$Ev_2 \geq 60$ MPa										
E N S A Y O D E	<p>330.6.5.2 Ensayos de referencia</p> <p>c) Ensayo de la huella</p> <p>⇒ Se hará según NLT 256, en la que se indica el control de asientos, sobre 10 puntos separados 1 m, antes y después del paso del camión normalizado.</p> <p>⇒ El ensayo se efectuará correlacionado con el ensayo de placa de carga, NLT 357.</p> <p>⇒ En todo caso los valores de huella admisible no serán superiores a los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En cemento, núcleo y espaldones: cinco milímetros (5 mm). • En coronación: tres milímetros (3 mm). 											

510 ZAHORRAS

510.1 DEFINICION

Se define como zahorra el material granular, de granulometría continua, utilizado como capa de firme. Se denomina zahorra artificial al constituido por partículas total o parcialmente trituradas, en la proporción mínima que se especifique en cada caso.

510.2 MATERIALES

510.2.1 Características generales

⇒ Para T2 a T4 se podrá utilizar materiales granulares reciclados, áridos siderúrgicos, subproductos y productos inertes de desecho.

CARACTERÍSTICAS QUE DEBE CUMPLIR EL ARIDO SIDERURGICO (UNE-EN 1744-1)

CARACTERISTICA	VALOR	DURACIÓN DEL ENSAYO
EXPANSIVIDAD (UNE-EN 1744-1)	< 5%	<ul style="list-style-type: none"> • 24 horas, si contenido de óxido de magnesio \leq 5% (UNE-EN 196-2) • 168 horas en los demás casos, (UNE-EN 196-2)
El árido de alto horno: no presentará desintegración por silicato bicálcico ni por hierro (NLT-EN 1744-1).		

A
R
I
D
O
S

510.2.2 Composición química

CONTENIDO PONDERAL DE COMPUESTOS DE AZUFRE TOTALES (SO₃) (UNE-EN 1744-1)

CONDICION EN OBRA	VALOR
Materiales en contacto con capas tratadas con cemento	< 0,5%
Demás casos	<1,0%

510.2.3 Limpieza

⇒ En zahorras artificiales el coeficiente de limpieza, según anexo C de UNE 146130 < 2.

EQUIVALENTE DE ARENA DE LA ZAHORRA ARTIFICIAL

OPCIONES DE ACEPTACION	ENSAYO	CATEGORIAS DE TRAFICO PESADO		
		T0 y T1	T2 a T4 y arcenes de T0 a T2	Arcenes de T3 y T4
PRIMERA	Equivalente arena (UNE EN-933-8)	> 40	> 35	> 30
SEGUNDA	Indice de azul de metileno (UNE-EN 933-9)	< 1	< 1	< 1
	Equivalente arena (UNE EN-933-8)	> 35	> 30	> 25

510.2 MATERIALES *Continuación.*

A
R
I
D
O
S

510.2.4 Plasticidad

VALORES DE LIMITE LIQUIDO E INDICE DE PLASTICIDAD EN ZAHORRA ARTIFICIAL

CRITERIOS DE PLASTICIDAD	CATEGORIAS DE TRAFICO PESADO		
	T0 a T3	T4	Arcenes no pavimentados de T32 y T4 (*)
LL (UNE 103103)	NP	NP	< 30
IP (UNE 103104)	NP	NP	< 10

(*): Requiere aprobación en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares

510.2.5 Resistencia a la fragmentación

VALOR MÁXIMO DEL COEFICIENTE DE LOS ÁNGELES PARA LOS ÁRIDOS DE LA ZAHORRA ARTIFICIAL (UNE-EN 1097-2)

PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES	CATEGORÍA DE TRAFICO	
	T0 a T2	T3, T4 y arcenes
Áridos	30	35
<ul style="list-style-type: none"> Reciclado de capas de aglomerado de firmes. (*) Demoliciones de hormigón, con resistencia a compresión final > 35 MPa. (*) Áridos siderúrgicos. (*) 	35	40

(*): La composición granulométrica debe estar adaptada al huso ZAD20.

510.2.6 Forma

⇒ En zahorras artificiales, el índice de lajas del árido grueso, UNE-EN 933-3, será < 35.

510.2.7 Angulosidad

PORCENTAJE MÍNIMO DE PARTICULAS TRITURADAS EN ZAHORRA ARTIFICIAL (UNE-EN 933-5)

CATEGORIAS DE TRAFICO PESADO		
T0	T1 y T2 y arcenes de T0	Demás casos
100	75	50

510.3 TIPO Y COMPOSICION DEL MATERIAL

T
C
O
M
P
O
S
I
C
I
O
N
Y

CERNIDO ACUMULADO (% en masa) Abertura de los tamices UNE-EN 933-2 (mm)

TIPO DE ZAHORRA ARTIFICIAL(*)	40	25	20	8	4	2	0.500	0.250	0.063
ZA25	100	75-100	65-90	40-63	26-45	15-32	7-21	4-16	0-9
ZA20	-	100	75-100	45-73	31-54	20-40	9-24	5-18	0-9
ZAD20	-	100	65-100	30-58	14-37	0-15	0-6	0-4	0-2

(*) La designación del tipo de zahorra se hace en función del tamaño máximo nominal, que se define como la abertura del primer tamiz que retiene más de un diez por ciento en masa.

⇒

En todos los casos, el cernido por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2 será menor que los dos tercios (2/3) del cernido por el tamiz 0,250 mm de la UNE-EN 933-2.

510.5 EJECUCION DE LAS OBRAS

EJECUCION

TOLERANCIAS ADMISIBLES RESPECTO DE LA FÓRMULA DE TRABAJO EN ZAHORRA ARTIFICIAL

CARACTERISTICA	UNIDAD	CATEGORÍA TRÁFICO PESADO	
		T0 a T1	T2 a T4 y arcenes
Cernido por los tamices UNE-EN 933-2	> 4 mm	% sobre la masa total	± 6
	≤ 4 mm		± 4
	0,063 mm		± 1,5
Humedad de compactación	% respecto de la óptima	± 1	- 1,5 / + 1

510.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

UNIDAD TERMINADA

510.7.1 Densidad

VALORES MINIMOS DE DENSIDAD DE ZAHORRAS ARTIFICIALES*

ENSAYO DE REFERENCIA	CATEGORÍA TRÁFICO PESADO	
	T0 a T2	T3, T4 y arcenes
Proctor modificado (UNE 103501)	100%	98%

*en % de la máxima de referencia

510.7.2 Capacidad de soporte

⇒ El valor del módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga del ensayo de carga con placa (E_{v2}), NLT-357, será superior al menor valor de los siguientes:

- Los especificados en la siguiente tabla:

VALOR MÍNIMO DEL MÓDULO E_{v2} (MPa) PARA ZAHORRA ARTIFICIAL

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
T0 a T1	T2	T3	T4 y arcenes
180	150	100	80

- El valor exigido a la superficie sobre la que se apoya la capa de zahorra multiplicado por uno coma tres (1,3), cuando se trate de zahorras sobre coronación de explanadas.

⇒ Además de lo anterior, el valor de la relación de módulos E_{v2}/E_{v1} será inferior a dos unidades y dos décimas (2,2).

510.7.3 Rasante, espesor y anchura

TOLERANCIAS DE RASANTE, ESPESOR Y ANCHURA

CARACTERÍSTICA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
	T0 a T2	DEMÁS CASOS
RASANTE	± 15 mm	± 20 mm
ESPESOR	No inferior en ningún punto al previsto en planos de secciones tipo; en caso contrario proceder según apartado 510.10.3.	
ANCHURA	No inferior a la establecida en planos de secciones tipo.	

510.7.4 Regularidad superficial

INDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm) NLT-330

PORCENTAJE DE HECTOMETROS	ESPESOR TOTAL DE LAS CAPAS SUPERIORES (cm)		
	$e \geq 20$	$10 < e < 20$	$e \leq 10$
50	< 3,0	< 2,5	< 2,5
80	< 4,0	< 3,5	< 3,5
100	< 5,0	< 4,5	< 4,0

⇒ Se comprobará que no existan zonas que retengan agua sobre la superficie.

512 SUELOS ESTABILIZADOS IN SITU

512.1 DEFINICION

Es la mezcla homogénea y uniforme de un suelo con cal o con cemento, y eventualmente agua, en la propia traza de la carretera; tiene por objeto disminuir la susceptibilidad al agua del suelo o aumentar su resistencia, para su uso en la formación de explanadas.

Hay tres tipos suelos estabilizados en in situ, denominados S-EST1, S-EST2 y S-EST3; los dos primeros se pueden conseguir con cal o cemento; el tercero sólo con cemento.

512.2 MATERIALES

C
A
L

512.2.1 Cal

⇒ Cumplirá las prescripciones del artículo 200 del PG-3.

C
E
M
E
N
T
O

512.2.2 Cemento

- ⇒ Cumplirá las prescripciones del artículo 202 del PG-3.
- ⇒ La clase resistente será 22,5 ó 32,5 para cementos tipo ESP-VI-1, y 32,5N para cementos comunes.
- ⇒ No emplear cementos de aluminato de calcio ni mezclas con adiciones no realizadas en fábrica.
- ⇒ Si los sulfatos solubles (SO_3) presentes en el suelo, UNE 103201, son $> 0,5\%$ en masa, emplear cemento resistente a sulfatos y aislar estas capas de las obras de paso de hormigón.

TIEMPO MINIMO DE PRINCIPIO DE FRAGUADO EN SUELOS ESTABILIZADOS IN SITU

OPCIONES DE ACEPTACION	TEMPERATURA EN AMBIENTE DE OBRA	ENSAYOS DE REFERENCIA	TIEMPO MINIMO DE PRINCIPIO
PRIMERA	$\leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$	UNE-EN 196-3	≥ 2
SEGUNDA	$> 30 \text{ }^\circ\text{C}$	UNE-EN 196-3, haciendo ensayos a $40 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.	≥ 1

512.2.3 Suelo

512.2.3.1 Características generales

- ⇒ Será suelo de la traza o materiales locales libres de materia orgánica, sulfatos, sulfuros, fosfatos, nitratos, cloruros u otros compuestos químicos, en cantidad
- ⇒ No presentará reactividad potencial con los álcalis del cemento.
- ⇒ Si se carece de experiencia sobre el comportamiento del material a estabilizar en mezclas con cemento, se realiza el análisis químico de la concentración de SiO_2 y de la reducción de la alcalinidad R, UNE 146507-1; el material se considera potencialmente radioactivo si:

- $\text{SiO}_2 > R$ cuando $R \geq 70$
- $\text{SiO}_2 > 35 + 0,5R$ cuando $R < 70$

S
U
E
L
O

512.2 MATERIALES *Continuación*

Suelo *Continuación*

512.2.3.2 Granulometría

GRANULOMETRÍA DEL SUELO EN LAS ESTABILIZACIONES CON CAL

TIPO DE SUELO ESTABILIZADO	CERNIDO ACUMULADO (% en masa)	
	ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)	
	80	0.063
S-EST1 y S-EST2	100	≥ 15

⇒ El suelo a estabilizar con cemento cumplirá, en su estado natural o tras un tratamiento previo con cal, lo indicado en la siguiente tabla:

GRANULOMETRÍA DEL SUELO EN LAS ESTABILIZACIONES CON CEMENTO

TIPO DE SUELO ESTABILIZADO	CERNIDO ACUMULADO (% en masa)		
	ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)		
	80	2	0.063
S-EST1 y S-EST2	100	> 20	< 50
S-EST3			< 35

512.2.3.3 Composición química

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SUELO

CARACTERÍSTICA	NORMA	TIPO DE SUELO ESTABILIZADO		
		S-EST1	S-EST2	S-EST3
MATERIA ORGÁNICA (MO) (% en masa)	UNE 103204	< 2	< 1	
SULFATOS SOLUBLES (SO ₃) (% en masa)	UNE 103201	< 1		

512.2.3.4 Plasticidad

PLASTICIDAD DEL SUELO EN LAS ESTABILIZACIONES CON CAL

TIPO DE SUELO ESTABILIZADO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP) (UNE 103104)
S-EST1	≥ 12
S-EST2	≥ 12 y ≤ 40

⇒ Si el IP > 40, la mezcla del suelo con la cal se podrá realizar en 2 etapas.

PLASTICIDAD DEL SUELO EN LAS ESTABILIZACIONES CON CEMENTO

CARACTERÍSTICA	NORMA	TIPO DE SUELO ESTABILIZADO		
		S-EST1	S-EST2	S-EST3
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	UNE 103103	-	≤ 40	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	UNE 103104	≤ 15		

⇒ Cuando IP sea superior al indicado, se podrá hacer un tratamiento previo con cal, con una dotación mínima de 1% en masa del suelo seco, de manera que el IP satisfaga la exigencia de la tabla anterior.

S

U

E

L

O

512.2 MATERIALES *Continuación*

A G U A	<p>512.2.4 Agua</p> <p>⇒ Cumplirá las prescripciones del artículo 280 del PG-3.</p>
----------------------------	--

512.3 TIPO Y COMPOSICION DEL SUELO ESTABILIZADO

T I P O Y C O M P O S I C I O N	ESPECIFICACIONES DEL SUELO ESTABILIZADO IN SITU											
	CARACTERÍSTICA		UNIDAD	NORMA	TIPO DE SUELO ESTABILIZADO							
					S-EST1	S-EST2	S-EST3					
	CONTENIDO DE CAL O DE CEMENTO		% en masa del suelo seco		≥ 2	≥ 3						
	ÍNDICE CBR, a 7 días (*)		-	UNE 103502	≥ 6	≥ 12						
	COMPRESIÓN SIMPLE, a 7 días (*)		MPa	NLT-305	-	-	≥ 1,5					
	DENSIDAD (Proctor modificado)		% de la densidad máxima	UNE 103501	≥ 95 (**)	≥ 97	≥ 98					
	<p>(*) Para la realización de estos ensayos, las probetas se compactarán, según la NLT-310, con la densidad especificada en la fórmula de trabajo.</p> <p>(**) Para la capa de coronación de la categoría de explanada E1 definida en la Norma 6.1- IC de Secciones de firme, este valor será del noventa y siete por ciento (97%).</p>											
	<p>⇒ El suelo estabilizado no presentará asiento en ensayo de colapso, NLT-254, ni hinchamiento en ensayo de expansión, UNE 103601. Si no satisface uno o los dos ensayos anteriores, se comprobará que lo haga en ensayos realizados a las 24 horas de su mezcla con el conglomerante. Si se continúa presentando hinchamiento o colapso se repetirán los ensayos a los 3 o a los 7 días.</p>											
	<p>PLAZO MÍNIMO DE TRABAJABILIDAD (t_{pm}) DEL SUELO ESTABILIZADO IN SITU CON CEMENTO</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">TIPO DE OBRA</th> <th style="text-align: center;">t_{pm} (minutos) (UNE 41240)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">ANCHURA COMPLETA</td> <td style="text-align: center;">120</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">POR FRANJAS</td> <td style="text-align: center;">180</td> </tr> </tbody> </table>							TIPO DE OBRA	t_{pm} (minutos) (UNE 41240)	ANCHURA COMPLETA	120	POR FRANJAS
TIPO DE OBRA	t_{pm} (minutos) (UNE 41240)											
ANCHURA COMPLETA	120											
POR FRANJAS	180											

512.5 EJECUCION DE LAS OBRAS

	<p>512.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo</p> <p>⇒ Durante la ejecución de las obras se podrá cambiar la fórmula de trabajo, pero respetando la dosificación mínima de cal o de cemento, el valor mínimo del índice CBR o de la resistencia a la compresión simple, ambos a los 7 días y las demás especificaciones fijadas para la unidad terminada.</p> <p>⇒ La tolerancia admisible de la humedad de compactación, con respecto a la óptima del ensayo Proctor modificado, es de ± 2%.</p>
--	---

512.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

UNIDAD TERMINADA

512.7.1 Resistencia y densidad

⇒ La capacidad de soporte o la resistencia y la densidad del suelo estabilizado in situ con cal o con cemento deberán cumplir lo especificado en la tabla referente a especificaciones del suelo estabilizado in situ, del apartado 512.3, según el tipo de suelo y la categoría de explanada que se pretenda conseguir.

512.7.2 Terminación, rasante, espesor y anchura

TOLERANCIAS DE RASANTE, ESPESOR Y ANCHURA

CARACTERÍSTICA	PROPÓSITO DE LA ESTABILIZACIÓN IN SITU	
	FONDOS DE DESMONTE Y FORMACION DE NUCLEOS DE TERRAPLEN	OBTENCION DE EXPLANADAS E1 a E3
RASANTE	± 30 mm	- 20 mm
ESPESOR	No inferior en ningún punto al previsto en planos de secciones tipo; en caso contrario proceder según apartado 512.10.3.	
ANCHURA	± 10 cm de la establecida en planos de secciones tipo.	

512.7.3 Regularidad superficial

⇒ El IRI de estabilizaciones in situ de capas, para conformar explanadas E3 para T0, debe cumplir lo fijado en la siguiente tabla:

ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (NLT-330)

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	IRI (dm/hm)
50	< 3,0
80	< 4,0
100	< 5,0

513. MATERIALES TRATADOS CON CEMENTO (SUELOCEMENTO Y GRAVACIMIENTO)

513.1 DEFINICION

Se define como material tratado con cemento la mezcla homogénea, en las proporciones adecuadas, de material granular, cemento, agua y, eventualmente aditivos, realizada en central.

En este artículo se definen dos tipos de material tratado con cemento denominados, respectivamente, suelocemento (SC40 y SC20) y gravacemento (GC25 y GC20).

513.2 MATERIALES

C
E
M
E
N
T
O

513.2.1 Cemento

- ⇒ Cumplirá las prescripciones del artículo 202 del PG-3.
- ⇒ La clase resistente del cemento será 32,5N (32,5 para cementos especiales).
- ⇒ En épocas frías se podrá emplear cemento de clase resistente 42,5N (42,5 para cementos especiales).
- ⇒ No emplear cementos de aluminato de calcio ni mezclas de cemento con adiciones no realizadas en fábrica.
- ⇒ Si los sulfatos solubles (SO₃) presentes en los materiales granulares, UNE 103201, son > 0,5% en masa, emplear cemento resistente a sulfatos y aislar estas capas de las obras de paso de hormigón.

TIEMPO MINIMO DE PRINCIPIO DE FRAGUADO EN MATERIALES TRATADOS CON CEMENTO

OPCIONES DE ACEPTACION	TEMPERATURA EN AMBIENTE DE OBRA	ENSAYOS DE REFERENCIA	TIEMPO MINIMO DE PRINCIPIO
PRIMERA	≤ 30 °C	UNE-EN 196-3	≥ 2
SEGUNDA	> 30 °C	UNE-EN 196-3, haciendo ensayos a 40 ± 2 °C.	≥ 1

A
R
I
D
O
S

513.2.2 Materiales granulares

513.2.2.1 Características generales

CARACTERISTICA	SUELOCEMENTO	GRAVACIMIENTO
MATERIAL GRANULAR	Puede ser: <ul style="list-style-type: none"> • Zahorra natural • Zahorra artificial • Suelo granular • Subproductos o productos inertes de desecho. 	Puede ser: <ul style="list-style-type: none"> • Arido natural procedente de trituración de piedra de cantera o de gravera. • Productos inertes de desecho o subproductos. <p>⇒ Se suministrará al menos en 2 fracciones granulométricas.</p>
LIMPIEZA	Exento de: <ul style="list-style-type: none"> • Terrones de arcilla • Material vegetal • Marga • Otras materias extrañas 	Exento de: <ul style="list-style-type: none"> • Terrones de arcilla • Material vegetal • Marga • Otras materias extrañas
CONDICIÓN	<p>⇒ No será susceptible a ningún tipo de meteorización o alteración física o química apreciable.</p> <p>⇒ No originará, en presencia de agua, disoluciones que afecten estructuras u otras capas del firme, o contaminen el suelo o corrientes de agua.</p>	

513.2 MATERIALES *Continuación*

513.2.2.2 Composición química

CONTENIDOS MÁXIMOS DE SUSTANCIAS PERJUDICIALES EN MATERIALES GRANULARES

CARACTERÍSTICA	NORMA	VALORES
CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA	UNE 103204	≤ 1%
CONTENIDO DE COMPUESTOS DE AZUFRE	UNE-EN 1744-1	≤ 1%
SULFATOS SOLUBLES EN ACIDO (SO ₃)	UNE-EN 1744-1	≤ 0,8%
Si se desconoce reacción en mezclas con cemento: concentración de SiO ₂ y reducción de alcalinidad R, será potencialmente reactivo si:	UNE 146507-1	<ul style="list-style-type: none"> • SiO₂ > R cuando R ≥ 70 • SiO₂ > 35+0,5R cuando R < 70

⇒ El material granular o árido no tendrá reactividad potencial con los álcalis del cemento.

513.2.2.3 Plasticidad

VALORES MÁXIMOS DE PLASTICIDAD EN MATERIALES GRANULARES

MATERIAL	UTILIZACION	ENSAYO	CAT. DE TRAFICO PESADO	
			T0 a T2	DEMÁS CASOS
GRANULAR	Suelocemento	Límite líquido (UNE 103103)	< 30	
		Índice plástico (UNE 103104)		
ARIDO FINO	Gravacemento	Límite líquido (UNE 103103)	NP	< 25
		Índice plástico (UNE 103104)	NP	< 6

513.2.2.4 Características específicas del árido para gravacemento

513.2.2.4.1 Arido grueso

⇒ Parte del árido total retenida en el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2.

PROPORCIÓN MÍNIMA (% en masa) DE PARTÍCULAS TRITURADAS DEL ÁRIDO GRUESO (UNE-EN 933-5)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRAFICO PESADO		
	T0 y T1	T2	T3 y T4
CALZADA	75	50	30
ARCENES	50	30	

VALOR MÁXIMO DEL ÍNDICE DE LAJAS DEL ÁRIDO GRUESO (UNE-EN 933-3)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRAFICO PESADO	
	T0 a T2	T3 y T4
CALZADA	30	35
ARCENES	40	

A

R

I

D

O

S

513.2 MATERIALES *Continuación*

**A
R
I
D
O
S**

Arido grueso *Continuación*

VALOR MÁXIMO DEL COEFICIENTE DE LOS ANGELES DEL ÁRIDO GRUESO (UNE-EN 1097-2)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRAFICO PESADO	
	T0 a T2	T3 y T4
CALZADA	30	35
ARCENES	40	

⇒ Para T1 y T2 con materiales reciclados procedentes de capas de mezclas bituminosas, pavimentos de hormigón, materiales tratados con cemento o de demoliciones de hormigones de resistencia a compresión final superior a 35 MPa, el valor del coeficiente de desgaste los Ángeles podrá ser <35.

⇒ La proporción de terrones de arcilla no excederá 0,25% en masa, según la UNE 7133.

513.2.2.4.2 Arido fino

⇒ Parte del árido total que pasa por el tamiz 4 mm de UNE-EN 933-2.

EQUIVALENTE ARENA DEL ARIDO FINO PARA GRAVACEMIENTO

OPCIONES DE ACEPTACION	E N S A Y O	TIPO DE GRAVACEMIENTO	
		GC20	GC25
PRIMERA	Equivalente arena (UNE EN-933-8)	> 40	> 35
SEGUNDA	Indice de azul de metileno (UNE-EN 933-9)	< 1	
	Equivalente arena (UNE EN-933-8)	> 30	

⇒ La proporción de terrones de arcilla no excederá del uno por ciento (1%) en masa, según la UNE 7133.

AGUA

513.2.3 Agua

⇒ El agua cumplirá las prescripciones del artículo 280 del PG-3.

ADITIVOS

513.2.4 Aditivos

⇒ Deberán usarse retardadores de fraguado, si durante la extensión de la mezcla la temperatura ambiente es superior a 30 °C.

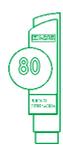
513.3 TIPO Y COMPOSICION DE LA MEZCLA

**T
I
P
O
Y
C
O
M
P
O
S
I
C
I
O
N**

⇒ El tipo SC20 sólo se podrá emplear en carreteras con categoría de tráfico pesado T3 y T4 y en arcenes.

HUSOS GRANULOMÉTRICOS DEL MATERIAL GRANULAR DEL SUELOCEMENTO

TIPO DE SUELOCEMENTO	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (% en masa) ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)									
	50	40	25	20	12.5	8	4	2	0.500	0.063
SC40	100	80-100	67-100	62-100	53-100	45-89	30-65	17-52	5-37	2-20
SC20	-	-	100	92-100	76-100	63-100	48-100	36-94	18-65	2-35



513.3 TIPO Y COMPOSICION DE LA MEZCLA *Continuación*

T
I
P
O

Y

C
O
M
P
O
S
I
C
I
O
N

⇒ El tipo GC25 sólo se podrá emplear en carreteras con categoría de tráfico pesado T3 y T4 y en arcenes, en sustitución del suelocemento SC40.

HUSOS GRANULOMÉTRICOS DEL ARIDO DE LA GRAVACEMIENTO

TIPO DE GRAVACEMIENTO	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (% en masa) ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)							
	40	25	20	8	4	2	0.500	0.063
GC25	100	76-100	67-91	38-63	25-48	16-37	6-21	1-7
GC20	-	100	80-100	44-68	28-51	19-39	7-22	1-7

CONTENIDO MINIMO DE CEMENTO EN MATERIALES TRATADOS CON CEMENTO

MATERIAL	CONTENIDO MINIMO DE CEMENTO	
	PORCENTAJE	RESPECTO A...
SUELOCIMENTO	≥ 3% en masa	Total de material granular en seco
GRAVACEMIENTO	≥ 3,5% en masa	Total de árido seco

⇒ No obstante los porcentajes mínimos fijados en la tabla anterior, el contenido de cemento será el necesario para conseguir las resistencias indicadas en la siguiente tabla:

**RESISTENCIA MEDIA (*) A COMPRESIÓN A SIETE DÍAS (7 d),
SEGÚN LA NLT-305, (MPa)**

MATERIAL	Z O N A	Mínima	Máxima
GRAVACEMIENTO	Calzada	4.5	7.0
	Arcenes	4.5	6.0
SUELOCIMENTO	Calzada y arcenes	2.5	4.5

(*) Por resistencia media se entiende la media aritmética de los resultados obtenidos al menos sobre tres (3) probetas de la misma amasada, definida de acuerdo a lo indicado en el apartado 513.9.2.1.

Las probetas se compactarán según la NLT-310, con la energía que proporcione la densidad mínima requerida en el apartado 513.7.1 y nunca con una energía mayor.

En el caso de emplearse cementos para usos especiales (ESP VI-1) estos valores se disminuirán en un quince por ciento (15%).

PLAZO MÍNIMO DE TRABAJABILIDAD (tpm) (UNE 41240)

TIPO DE EJECUCION	t _{pm} (minutos)
ANCHURA COMPLETA	180
POR FRANJAS	240

513.5 EJECUCION DE LAS OBRAS

E
J
E
C
U
C
I
O
N

TOLERANCIAS ADMISIBLES RESPECTO DE LA FÓRMULA DE TRABAJO (*)

CARACTERISTICA	UNIDAD	TOLERANCIA
Cernido tamices UNE-EN 933-2	Tamaño máximo	0
	> 4 mm	± 6
	≤ 4 mm	± 3
	0,063 mm (incluido el cemento)	± 1,5
Cemento		± 0,3
Humedad de compactación (agua total)	% respecto de la óptima	-1,0/ +0,5

(*) En el suelocemento únicamente se exigen las relativas al cemento y a la humedad de compactación.

513.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

UNIDAD TERMINADA

513.7.1 Densidad

⇒ No será inferior al 98% de la máxima del Proctor modificado, UNE 103501, definida en la fórmula de trabajo.

513.7.2 Resistencia mecánica

⇒ La resistencia a compresión simple a siete días (7 d), según la NLT-305, deberá estar comprendida entre los límites especificados en el apartado 513.3.

513.7.3 Rasante, anchura y espesor

TOLERANCIAS DE RASANTE, ESPESOR Y ANCHURA

CARACTERÍSTICA	VALORES ADMISIBLES
RASANTE	± 15 mm de la teórica
ANCHURA	± 10 cm de la establecida en planos de secciones tipo.
ESPESOR	No inferior en ningún punto al previsto en planos de secciones tipo

513.7.4 Regularidad superficial

INDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm) (NLT-330)

PORCENTAJE DE HECTOMETROS	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO Y POSICIÓN RELATIVA DE LA CAPA		
	T0 a T2		T3, T4 Y ARCENES
	1ª CAPA BAJO MEZCLAS BITUMINOSAS	2ª CAPA BAJO MEZCLAS BITUMINOSAS	
50	< 2,5	< 3,0	< 3,0
80	< 3,0	< 3,5	< 3,5
100	< 3,5	< 4,0	< 4,0

514 GRAVA-EMULSION

514.1 DEFINICION

Es la mezcla íntima de áridos, emulsión asfáltica y agua que, convenientemente compactada, se utiliza en la construcción de firmes de carreteras.

514.2 MATERIALES

A
R
I
D
O
S

E
M
U
L
S
I
O
N

514.2.1 Aridos

HUSOS GRANULOMÉTRICOS DEL MATERIAL PARA GRAVA EMULSION

CEDAZOS Y TAMICES UNE	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO	
	GEA 1	GEA 2
40	-	100
25	100	75-100
20	80-100	65-90
10	50-80	45-75
5	30-60	30-60
2.5	20-45	20-45
1.25	15-35	15-35
0.63	10-25	10-25
0.32	8-20	8-20
0.16	5-15	5-15
0.080	3-12	3-12

⇒ El huso GEA 2 sólo se empleará en la construcción de capas de subbase o arcenes, y capas de base para tráfico ligero.

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL PARA GRAVA EMULSION

CARACTERISTICA	CRITERIO	VALOR ADMISIBLE
CARAS DE FRACTURA	Porcentaje en peso, de fracción retenida en tamiz 5 UNE, de elementos con 2 o más caras de fractura.	≥ 50%
CALIDAD	Coeficiente de desgaste Los Angeles, NLT-149/72.	En bases para tráfico pesado a medio: < 30
		Demás casos: < 35
PLASTICIDAD	Equivalente Arena	Emulsiones catiónicas: > 45
	Índice de Plasticidad	Emulsiones aniónicas: > 25
		Emulsiones catiónicas: NP
LIMPIEZA	Contenido de materia orgánica expresado en ácido tánico, UNE-7082	Emulsiones aniónicas: < 10
		≤ 0,05% (cinco por diez mil)

514.2.2 Emulsión asfáltica

⇒ Ver Artículo 213, "Emulsiones asfálticas".

⇒ Es necesario que la rotura de la emulsión se produzca entre la salida del mezclador y el principio de la compactación.

514.2 MATERIALES <i>Continuación</i>															
AGUA	<p>514.2.3 Agua</p> <p>⇒ Cumplirá lo especificado en el Artículo 280 del PG-3.</p>														
ADICIONES	<p>514.2.4 Adiciones</p> <p>⇒ El empleo de adiciones estará condicionado a la aprobación del Director de las obras.</p>														
514.3 TIPO Y COMPOSICION DE LA MEZCLA															
T I P O D E	M E Z C L A														
	<p>⇒ Lo definirá el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.</p> <p>⇒ El contenido de betún residual estará entre 2% y 5% del peso del árido seco.</p>														
514.4 EJECUCION DE LAS OBRAS															
E J E C U C I O N	<p>514.4.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo</p> <p>⇒ Se compactará con un contenido óptimo de líquidos determinado en ensayo Proctor modificado, NLT-108/72.</p> <p>⇒ El contenido óptimo de emulsión se determinará en el ensayo de inmersión-compresión, NLT-162/73.</p> <p>⇒ La resistencia a compresión antes de la inmersión será > 750 kgf.</p> <p>⇒ La resistencia conservada después de la inmersión será >50% de la resistencia antes de la inmersión, y en todo caso > 500 kgf.</p> <p style="text-align: center;">TOLERANCIAS ADMISIBLES RESPECTO A LA FORMULA DE TRABAJO</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">CARACTERISTICA</th> <th style="text-align: center;">PORCENTAJE DEL PESO DEL ARIDO SECO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cernido por tamices superiores al 2,5 UNE</td> <td style="text-align: center;">± 6%</td> </tr> <tr> <td>Cernido por tamices comprendidos entre el tamiz 2,5 UNE y 0,16 UNE, ambos inclusive</td> <td style="text-align: center;">± 3%</td> </tr> <tr> <td>Cernido por tamiz 0,080 UNE</td> <td style="text-align: center;">± 1,5%</td> </tr> <tr> <td>Agua de envuelta</td> <td style="text-align: center;">± 1%</td> </tr> <tr> <td>Emulsión</td> <td style="text-align: center;">± 0,5%</td> </tr> <tr> <td>Contenido óptimo de líquidos para la compactación</td> <td style="text-align: center;">± 1%</td> </tr> </tbody> </table>	CARACTERISTICA	PORCENTAJE DEL PESO DEL ARIDO SECO	Cernido por tamices superiores al 2,5 UNE	± 6%	Cernido por tamices comprendidos entre el tamiz 2,5 UNE y 0,16 UNE, ambos inclusive	± 3%	Cernido por tamiz 0,080 UNE	± 1,5%	Agua de envuelta	± 1%	Emulsión	± 0,5%	Contenido óptimo de líquidos para la compactación	± 1%
CARACTERISTICA	PORCENTAJE DEL PESO DEL ARIDO SECO														
Cernido por tamices superiores al 2,5 UNE	± 6%														
Cernido por tamices comprendidos entre el tamiz 2,5 UNE y 0,16 UNE, ambos inclusive	± 3%														
Cernido por tamiz 0,080 UNE	± 1,5%														
Agua de envuelta	± 1%														
Emulsión	± 0,5%														
Contenido óptimo de líquidos para la compactación	± 1%														
514.6 TOLERANCIAS EN LA SUPERFICIE ACABADA															
T O L E R A N C I A S	<p style="text-align: center;">TOLERANCIAS DE RASANTE Y REGULARIDAD SUPERFICIAL</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">CARACTERISTICA</th> <th style="text-align: center;">VALORES ADMISIBLES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">RASANTE</td> <td>± 1/5 del espesor previsto en Planos y PPTP para la capa de grava-emulsión.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">REGULARIDAD SUPERFICIAL</td> <td>No variar en más de 10 mm en prueba con regla de 3 m, tanto paralela como normalmente al eje de la carretera.</td> </tr> </tbody> </table>	CARACTERISTICA	VALORES ADMISIBLES	RASANTE	± 1/5 del espesor previsto en Planos y PPTP para la capa de grava-emulsión.	REGULARIDAD SUPERFICIAL	No variar en más de 10 mm en prueba con regla de 3 m, tanto paralela como normalmente al eje de la carretera.								
CARACTERISTICA	VALORES ADMISIBLES														
RASANTE	± 1/5 del espesor previsto en Planos y PPTP para la capa de grava-emulsión.														
REGULARIDAD SUPERFICIAL	No variar en más de 10 mm en prueba con regla de 3 m, tanto paralela como normalmente al eje de la carretera.														

530 RIEGOS DE IMPRIMACION

530.1 DEFINICION

Se define como riego de imprimación la aplicación de un ligante hidrocarbonado sobre una capa granular, previa a la colocación sobre ésta de una capa o de un tratamiento bituminoso.

530.2 MATERIALES

L
I
G
A
N
T
E

530.2.1 Ligante hidrocarbonado

⇒ Lo fijara el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares; salvo justificación en contrario, deberá estar dentro de los siguientes:

- FM100 del artículo 212, "Betún fluidificado para riegos de imprimación", de este Pliego.
- EAI, ECI, EAL-1 o ECL-1 del artículo 213, "Emulsiones bituminosas", de este Pliego, siempre que los resultados del tramo de prueba lo confirmen.

A
R
I
D
O
S

530.2.2 Arido de cobertura

⇒ El árido de cobertura a emplear, eventualmente, en riegos de imprimación debe cumplir los requisitos de la siguiente tabla.

REQUISITOS DEL ARIDO DE COBERTURA PARA RIEGOS DE IMPRIMACION

CARACTERISTICA	VALORES LIMITES A CUMPLIR
PROCEDENCIA	Arena natural, arena de machaqueo o una mezcla de ambas.
GRANULOMETRIA (UNE-EN 933-1)	<ul style="list-style-type: none"> • El 100% pasará por el tamiz 4 mm, UNE-EN 933-2. • Máximo el 15% pasará por el tamiz 0,063 mm, UNE-933-2
LIMPIEZA	Exento de polvo, suciedad, terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas.
PLASTICIDAD	El equivalente de arena del árido, según la UNE-EN 933-8, >40.

530.3 DOTACION DE LOS MATERIALES

D
O
T
A
C
I
O
N

MATERIAL	DOTACION
LIGANTE RESIDUAL (g/m ²)	<ul style="list-style-type: none"> • Se definirá por la cantidad que pueda absorber la superficie en 24 horas. • No deberá ser inferior a 500 g/m².
ARIDO (l/m ²)	<ul style="list-style-type: none"> • Será la minima necesaria para absorber el exceso de ligante o para proteger la capa en caso de circulación durante la obra. • No deberá ser superior a 6 l/m²

530.5 EJECUCION DE LAS OBRAS

E
J
E
C
U
C
I
O
N

530.5.2 Aplicación del ligante hidrocarbonado

⇒ Si las condiciones lo requieren, se podrá dividir la dotación total de ligante en 2 aplicaciones.

⇒ La temperatura del ligante será tal que su viscosidad cumpla los valores indicados en la siguiente tabla.

TIPO DE LIGANTE	NORMA	VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL (sSF) (*)
BETUN FLUIDIFICADO PARA RIEGO	NLT-138	20 a 100
EMULSION BITUMINOSA	NLT-138	5 a 20

(*): Segundos Saybolt Furol.

530.5 EJECUCION DE LAS OBRAS		<i>Continuación</i>
E J E C U C I O N	<p>530.5.3 Extensión del árido de cobertura</p> <p>⇒ La eventual extensión del árido de cobertura se realizará</p> <ul style="list-style-type: none">• Cuando sea preciso hacer circular vehículos sobre la imprimación.• Cuando parte de la imprimación no haya sido absorbida, después de 24 horas. <p>⇒ En la extensión, el árido no contendrá más de 2% de agua libre; podrá aceptarse hasta 4% si se emplea emulsión bituminosa.</p> <p>⇒ Se evitará el contacto de las ruedas de la extendedora con ligante sin cubrir.</p> <p>⇒ Si es necesario extender árido sobre una franja imprimada, sin que lo hubiere sido la adyacente, se dejará sin cubrir una zona de 20 cm de anchura.</p>	
530.6 LIMITACIONES DE EJECUCION		
L I M I T A C I O N E S	<p>⇒ El riego de imprimación se podrá aplicar solo cuando la temperatura ambiente cumpla lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none">• Ser superior a 10 °C y no exista fundado temor de precipitaciones.• Se podrá aceptar 5 °C, si la temperatura ambiente tiende a aumentar. <p>⇒ Se prohibirá todo tipo de circulación sobre el riego de imprimación cuando:</p> <ul style="list-style-type: none">• Mientras no se haya absorbido todo el ligante.• Si se ha extendido árido, durante las 4 horas siguientes a su extensión. <p>⇒ En todo caso, la velocidad de los vehículos no debe sobrepasar 40 km/h.</p>	

531 RIEGO DE ADHERENCIA

531.1 DEFINICION

Se define como riego de adherencia la aplicación de un ligante hidrocarbonado sobre una capa tratada con ligantes hidrocarbonados o conglomerantes hidráulicos, previa a la colocación sobre ésta de cualquier tipo de capa bituminosa que no sea un tratamiento superficial con gravilla, o una lechada bituminosa.

A efectos de aplicación de este artículo, no se considerarán como riego de adherencia los definidos en el artículo 532 de este Pliego como riegos de curado.

531.2 MATERIALES

L
I
G
A
N
T
E

⇒ El tipo de ligante hidrocarbonado lo fijara el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares; salvo justificación en contrario, deberá estar dentro de los siguientes:

- EAR-1 o ECR-1; artículo 213, “Emulsiones bituminosas”, del PG-3.
- ECR-1-m o ECR-2-m; artículo 216, “Emulsiones bituminosas modificadas con polímeros”, del PG-3.

⇒ El empleo de emulsiones del artículo 216 de este Pliego será preceptivo en riegos de adherencia para capas de rodadura con espesores ≤ 4 cm, para la categoría de tráfico pesado T0

531.3 DOTACION DE LOS MATERIALES

D
O
T
A
C
I
O
N

⇒ La dotación del ligante hidrocarbonado a utilizar vendrá definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Dicha dotación no será inferior en ningún caso a 200 g/m^2 de ligante residual, ni a 250 g/m^2 cuando la capa superior sea una mezcla bituminosa discontinua en caliente (artículo 543 del PG-3); o una capa de rodadura drenante (artículo 542 del PG-3); o una capa de mezcla bituminosa en caliente, tipo D ó S (artículo 542 del PG-3) empleada como rehabilitación superficial de una carretera en servicio.

531.5 EJECUCION DE LAS OBRAS

E
J
E
C
U
C
I
O
N

531.5.2 Aplicación de la emulsión bituminosa

⇒ Donde sea necesario regar por franjas, se procurará una ligera superposición del riego en la unión de dos contiguas.

⇒ La temperatura de aplicación del ligante será tal que su viscosidad esté comprendida entre diez y cuarenta segundos Saybolt Furol (10 a 40 sSF), según la NLT-138.

⇒ Se protegerán, para evitar mancharlos de ligante, cuantos elementos, tales como bordillos, vallas, señales, balizas, etc., estén expuestos a ello.

531.6 LIMITACIONES DE EJECUCION

L
I
M
I
T
A
C
I
O
N
E
S

- ⇒ El riego de adherencia se podrá aplicar solo cuando la temperatura ambiente cumpla lo siguiente:
- Ser superior a 10 °C y no exista fundado temor de precipitaciones.
 - Se podrá aceptar 5 °C, si la temperatura ambiente tiende a aumentar.
- ⇒ La colocación en obra de la capa de rodadura superpuesta al riego, se hará cuando el ligante hidrocarbonado haya curado o roto, pero sin que haya perdido su efectividad como elemento de unión.
- ⇒ Si el riego pierde su efectividad adherente, se debe aplicar otro riego que no será de abono si la pérdida de efectividad es imputable al Contratista.
- ⇒ Se prohibirá todo tipo de circulación sobre el riego de adherencia, hasta que haya terminado la rotura de la emulsión.



532 RIEGOS DE CURADO

532.1 DEFINICION

Se define como riego de curado la aplicación de una película continua y uniforme de emulsión bituminosa sobre una capa tratada con un conglomerante hidráulico, al objeto de dar impermeabilidad a toda su superficie.

532.2 MATERIALES

L
I
G
A
N
T
E

532.2.1 Ligante hidrocarbonado

⇒ Lo fijara el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares; salvo justificación en contrario, deberá estar dentro de los siguientes:

- EAR-1, ECR-1; artículo 213, "Emulsiones bituminosas", del PG-3.

A
R
I
D
O
S

532.2.2 Arido de cobertura

⇒ El árido de cobertura a emplear, eventualmente, en riegos de curado debe cumplir los requisitos de la siguiente tabla.

REQUISITOS DEL ARIDO DE COBERTURA PARA RIEGOS DE IMPRIMACION

CARACTERISTICA	VALORES LIMITES A CUMPLIR
PROCEDENCIA	Arena natural, arena de machaqueo o una mezcla de ambas.
GRANULOMETRIA (UNE-EN 933-1)	<ul style="list-style-type: none"> • El 100% pasará por el tamiz 4 mm, UNE-EN 933-2. • Máximo el 15% pasará por el tamiz 0,063 mm, UNE-933-2
LIMPIEZA	Exento de polvo, suciedad, terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas.
PLASTICIDAD	El equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8, >40.

532.3 DOTACION DE LOS MATERIALES

D
O
T
A
C
I
O
N

MATERIAL	DOTACION
LIGANTE RESIDUAL (g/m ²)	<ul style="list-style-type: none"> • Quedará definida por la cantidad que garantice la formación de una película continua, uniforme e impermeable de ligante hidrocarbonado. • No deberá ser inferior a 300 g/m².
ARIDO DE COBERTURA (l/m ²)	<ul style="list-style-type: none"> • Será la mínima necesaria para garantizar la protección del riego de curado bajo la acción de la eventual circulación durante la obra sobre dicha capa. • No deberá ser superior a 6 l/m²

532.5 EJECUCION DE LAS OBRAS

E
J
E
C
U
C
I
O
N

532.5.2 Aplicación de la emulsión bituminosa

⇒ Su extensión se efectuará de manera uniforme, evitando duplicarla en las juntas transversales de trabajo.

⇒ La temperatura de aplicación del ligante será tal que su viscosidad esté comprendida entre diez y cuarenta segundos Saybolt Furol (10 a 40 sSF), según la NLT-138.

⇒ El plazo de curado se fijará en el PPTP o por el Director de Obras.

⇒ Se protegerán, para evitar mancharlos de ligante, cuantos elementos, tales como bordillos, vallas, señales, balizas, etc, estén expuestos a ello.

532.5 EJECUCION DE LAS OBRAS		Continuación
E J E C U C I O N	532.5.3 Extensión del árido de cobertura ⇒ La eventual extensión del árido de cobertura se realizará cuando sea preciso hacer circular vehículos sobre el riego de curado. ⇒ Al extenderlo, el árido no contendrá más de 4% de agua libre. ⇒ Se evitará el contacto de las ruedas de la extendedora con ligante sin cubrir. ⇒ Si es necesario extender árido sobre una franja imprimada, sin que lo hubiere sido la adyacente, se dejará sin cubrir una zona de 20 cm de anchura.	
532.6 LIMITACIONES DE EJECUCION		
L I M I T A C I O N E S	⇒ El riego de curado se podrá aplicar solo cuando la temperatura ambiente cumpla lo siguiente: <ul style="list-style-type: none">• Ser superior a 10 °C y no exista fundado temor de precipitaciones.• Se podrá aceptar 5 °C, si la temperatura ambiente tiende a aumentar.	

533 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES MEDIANTE RIEGOS CON GRAVILLA

533.1 DEFINICION

Se define como tratamiento superficial mediante riegos con gravilla la aplicación de una (1) o varias manos de un ligante hidrocarbonado sobre una superficie, complementada (s) por una (1) o varias extensiones de árido.

Se distinguen tres tipos de riegos con gravilla, aunque el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares puede prever otros.

- Riego con gravilla monocapa, formado por una (1) mano de ligante y una (1) extensión de árido.
- Riego con gravilla monocapa doble engravillado, formado por una (1) mano de ligante y dos (2) extensiones de árido.
- Riego con gravilla bicapa, formado por dos (2) aplicaciones sucesivas de ligante y árido.

533.2 MATERIALES

L
I
G
A
N
T
E

533.2.1 Ligante hidrocarbonado

⇒ El tipo de ligante a emplear lo fijará el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

⇒ Podrá mejorarse el ligante mediante la adición de activantes, polímeros o cualquier otro producto.

A
R
I
D
O
S

533.2.2 Arido de cobertura

REQUISITOS DEL ARIDO DE COBERTURA PARA RIEGOS DE IMPRIMACION

CARACTERISTICA	VALORES LIMITES A CUMPLIR
PROCEDENCIA	<ul style="list-style-type: none"> • Triturado de piedra de cantera o grava natural. • Se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, las cuales se acopiarán y manejarán por separado. • La proporción mínima de partículas que presenten dos(2) o más caras de fractura, NLT 358/87, será establecida por el PPTP (*).
LIMPIEZA	<ul style="list-style-type: none"> • Exento de polvo, suciedad, terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas. • El valor límite de su coeficiente de limpieza, según la Norma NLT 172/86, será inferior al límite fijado en el PPTP.
CALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • El máximo valor del coeficiente de desgaste Los Angeles del árido grueso, según la Norma NLT 149/72, será fijado por el PPTP. • El mínimo valor del coeficiente de pulido acelerado, según las Normas NLT 174/72 y NLT 175/72, será fijado por el PPTP.
FORMA	El índice de lajas, NLT 354/74, será inferior al valor fijado en el PPTP.
ADHESIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Proporción en masa de árido totalmente envuelto después de ensayo de inmersión en agua, NLT 166/76: > 95%. • Proporción de árido no desprendido en ensayo de placa Vialit, NLT 313/87: > 90% en masa por vía húmeda, y > 80% en masa por vía seca.
HUMEDAD	Será tal que no perjudique su adhesividad con el ligante bituminoso en el momento de su extensión.
GRANULOMETRIA	El PPTP fijará el huso granulométrico, de entre los indicados en las tablas siguientes.

(*): Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

533.2 MATERIALES *Continuación*

533.2.2 Árido de cobertura *Continuación*

**A
R
I
D
O
S**

GRANULOMETRÍA NORMAL

CEDAZOS Y TAMICES UNE	CERNIDO ACUMULADO (% en masa)				
	A 20/10	A 13/7	A 10/5	A 6/3	A 5/2
25	100				
20	90-100	100			
12.5	0-30	90-100	100		
10	0-15	20-55	90-100	100	
6.3		0-15	10-40	90-100	100
5	0-5		0-15	20-55	90-100
3.2		0-5		0-15	10-40
2.5			0-5		0-15
1.25				0-5	
630 µm					0-5

GRANULOMETRÍA ESPECIAL

CEDAZOS Y TAMICES UNE	CERNIDO ACUMULADO (% en masa)				
	AE 20/10	AE 13/7	AE 10/5	AE 6/3	AE 5/2
25	100				
20	85-100	100			
12.5	0-20	85-100	100		
10	0-7	0-30	85-100	100	
6.3		0-7	0-25	85-100	100
5	0-2		0-7	0-30	85-100
3.2		0-2		0-10	0-25
2.5			0-2		0-10
1.25				0-2	
630 µm					0-2

533.3 TIPO, DOTACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL

**D
O
T
A
C
I
O
N**

- ⇒ El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá:
- El tipo de tratamiento superficial mediante riegos con gravilla.
 - La dotación media de cada mano de ligante hidrocarbonado y de cada fracción de árido.

**T
E
R
M
I
N
A
D
A**

- ⇒ El tratamiento superficial terminado, deberá tener las siguientes características superficiales:
- Tener aspecto y textura uniformes.
 - Exento de defectos localizados como exudaciones de ligante y desprendimientos de áridos.
 - Tener un coeficiente de resistencia al deslizamiento, NLT 175/73, $\geq 0,65$.

533.6 LIMITACIONES DE EJECUCION

L I M I T A C I O N E S

- ⇒ El tratamiento superficial mediante riegos con gravilla, se realizará solo cuando la temperatura ambiente cumpla lo siguiente:
- Ser superior a 10 °C y no exista fundado temor de precipitaciones.
 - Se podrá aceptar 5 °C, si la temperatura ambiente tiende a aumentar o el ligante empleado no sea un betún asfáltico.
- ⇒ No se realizarán riegos con gravilla sobre superficies mojadas, salvo que se utilicen emulsiones bituminosas, ligantes mejorados o activantes.
- ⇒ El árido se aplicará, antes de terminar el plazo establecido desde la aplicación del ligante.
- ⇒ El apisonado del árido se deberá terminar, con respecto al momento de iniciada su extensión, en un tiempo inferior a:
- 20 minutos, si el ligante es betún asfáltico.
 - 30 minutos, si es emulsión bituminosa o betún fluxado.
- ⇒ La segunda mano de ligante hidrocarbonado se aplicará inmediatamente después de extendido y, en su caso, apisonado el primer árido.

540 LECHADAS BITUMINOSAS

540.1 DEFINICION

Son mezclas fabricadas a temperatura ambiente con un ligante hidrocarbonado (emulsión bituminosa), áridos, agua y, eventualmente, polvo mineral de aportación y adiciones, cuya consistencia es adecuada para su puesta en obra y pueden aplicarse en una o varias capas.

540.2 MATERIALES

E
M
U
L
S
I
O
N
E
S

540.2.1 Emulsiones bituminosas

TIPO DE EMULSIÓN BITUMINOSA (Artículos 213 y 216 de este Pliego)

ZONA TERMICA ESTIVAL	CATEGORIA DE TRAFICO PESADO	
	T0, T1 y T2	T3, T4 y arcenes
CALIDA	ECL-2d-m, EAL-2d ECL-2d, ECL-2-m	EAL-2d, ECL-2d
MEDIA		EAL-2, ECL-2
TEMPLADA		

⇒ Para T0 y T1 y en tramos de carreteras con $IMD > 10.000$, en todas las aplicaciones de lechadas bituminosas en capa única o en segunda capa deberá usarse emulsiones del tipo ECL-2d-m.

A

R

I

D

O

S

540.2.2 Aridos

540.2.2.1 Características generales

⇒ Para emulsión aniónica: equivalente de arena (UNE-EN 933-8) ≥ 40 (también es válido azul de metileno (UNE-EN 933-9) < 1 y equivalente de arena > 35).

⇒ Para emulsión catiónica: equivalente de arena (UNE-EN 933-8) ≥ 60 (también es válido azul de metileno (UNE-EN 933-9) < 1 y equivalente de arena > 50).

540.2.2.2 Arido grueso

⇒ Parte del conjunto de fracciones retenida en el tamiz 2 mm de la UNE-EN 933-2.

PROPORCION MINIMA DE PARTICULAS TRITURADAS DEL
ARIDO GRUESO (UNE-UN 933-5)

CATEGORIA DE TRAFICO PESADO	
T0, T1 y T2	Demás casos.
100	≥ 75

INDICE DE LAJAS EN EL ARIDO GRUESO (UNE-UN 933-3)

CATEGORIA DE TRAFICO PESADO	
T0, T1 y T2	Demás casos.
< 25	< 30

VALOR MÁXIMO DEL COEFICIENTE DE DESGASTE LOS ÁNGELES
PARA EL ARIDO GRUESO (UNE-EN 1097-2)

CATEGORIA DE TRAFICO PESADO		
T0 y T1	T2, T3 y arcenes	T4
20	25	30

⇒ Para T2 a T4, en arcenes o cuando la lechada tenga la finalidad exclusiva de sellar un pavimento, el coeficiente de desgaste Los Angeles será ≤ 30 .

540.2 MATERIALES *Continuación*

ARIDO GRUESO *Continuación*

COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO DEL ARIDO GRUESO (NLT-174)

CATEGORIA DE TRAFICO PESADO	
T0, T1 y T2	Demás casos.
≥ 0,50	≥ 0,45

A

- ⇒ Se puede usar árido grueso con coeficiente de pulimento acelerado de 0,40 en:
 - Arcenes para T3 y T4.
 - Primera capa de una lechada bituminosa multicapa, cuando la segunda capa se aplique de forma inmediata.
- ⇒ El árido grueso estará exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas.

R

540.2.2.3 Arido fino

- ⇒ Parte del conjunto de fracciones cernida por el tamiz 2 mm y retenida por tamiz 0,063 mm, de la UNE-EN 933-2.
- ⇒ Únicamente para T3 y T4 puede emplearse arena natural no triturada, cuya proporción no superará el 20% del árido total ni el porcentaje de árido fino triturado empleado en la mezcla.
- ⇒ Estará exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas.
- ⇒ Será de la misma naturaleza del árido grueso; cumplirá las condiciones exigidas sobre coeficiente de desgaste Los Angeles y coeficiente de pulimento acelerado, para el árido grueso.
- ⇒ Puede emplearse árido fino de otra naturaleza para mejorar características de la mezcla, como adhesividad; en tal caso debe proceder de un árido que cumpla:

I

D

O

CARACTERISTICA	CATEGORIA DE TRAFICO PESADO	
	T0 a T2	T0 a T2
COEFICIENTE DE LOS ANGELES	< 25	< 25
COEFICIENTE PULIMENTO ACELERADO	> 0,45	> 0,40

S

540.2.2.4 Polvo mineral

- ⇒ Parte de árido total cernida por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-1.
- ⇒ El polvo mineral incluido en el árido grueso y fino se podrá suplir por un producto comercial o de preparación especial, destinado a acelerar la rotura de la emulsión o activar la consecución de la cohesión de la lechada bituminosa.
- ⇒ Densidad aparente (NLT-176): 0,5-1,1 g/cm³.
- ⇒ El agua cumplirá las prescripciones del artículo 280 del PG-3.

540.3 TIPO Y COMPOSICION DE LAS LECHADAS BITUMINOSAS

**T
C
O
M
P
O
S
I
C
I
O
N
Y**

**HUSOS GRANULOMÉTRICOS PARA LECHADAS BITUMINOSAS
CERNIDO ACUMULADO (% en masa) (UNE-EN 933-1)**

TIPO DE LECHADA	TAMAÑO DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)										
	12,5	10	8	6,3	4	2	1	0,500	0,250	0,125	0,063
LB1	100	85-98	77-92	-	55-74	35-55	25-41	15-30	9-20	5-12	3-7
LB2	-	-	100	80-95	60-84	40-64	25-45	15-31	10-22	6-14	5-9
LB3	-	-	-	100	75-90	55-75	40-60	25-45	15-30	8-20	6-12
LB4	-	-	-	-	100	77-92	53-74	35-56	20-40	12-26	10-18

540.3 TIPO Y COMPOSICION DE LAS LECHADAS BITUMINOSAS

(Cont)

COMPOSICION Y TIPO

COMPOSICIÓN, DOTACIÓN Y CAMPO DE APLICACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE LECHADAS BITUMINOSAS

CARACTERISTICA	TIPO DE LECHADA			
	LB1	LB2	LB3	LB4
DOTACION MEDIA (kg/m ²)	14-18	11-14	8-11	5-8
CAPA EN QUE SE APLICA (*)	2ª o única		cualquiera	1ª o única
BETUN RESIDUAL (**) (% en masa del árido)	5 - 6,5	5,5 - 9	6 - 10	9 - 12
CAMPO DE APLICACION	T0 a T2 y T3 y T4 (en vías de servicio)		T2 a T4, arcenes de T0 a T2 y 1ª capa	Arcenes de T3 y T4, sellado y 1ª capa

(*) Cuando la superficie a tratar fuera de textura fina y lisa, y no fuera posible, o aconsejable, mejorarla mediante un fresado de pequeño espesor, para permitir una mejor adherencia al pavimento, será preceptivo aplicar al menos dos (2) capas, la primera será tipo LB3 (categorías de tráfico pesado T0 a T2) o LB4 (resto de categorías de tráfico pesado).

(**) Se tendrán en cuenta las correcciones por peso específico y absorción de los áridos, si son necesarias.

540.5 EJECUCION DE LAS OBRAS

EJECUCION

540.5.1 Estudio de la lechada bituminosa y obtención de la fórmula de trabajo

CRITERIOS DE DOSIFICACIÓN DE LECHADAS BITUMINOSAS

ENSAYO	CATEGORIA DE TRAFICO PESADO			
	T0 y T1	T2	T3 y arcenes	T4 (*)
CONSISTENCIA (NLT-317) cm.	0 a 2			
PERDIDA MAXIMA EN ABRA- SION MEDIA (NLT-320)(g/m ²)	450	550	650	750
PAR DE TORSION MINIMO, a 60 minutos(NLT-323)(kg.cm)	20		-	-

(*) También en arcenes, o cuando la lechada bituminosa tenga la finalidad exclusiva de sellar un pavimento.

540.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

UNIDAD TERMINADA

MACROTEXTURA SUPERFICIAL (NLT-335) Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (NLT-336), DE LOS DISTINTOS TIPOS DE LECHADAS BITUMINOSAS

CARACTERÍSTICA	TIPO DE LECHADA			
	LB1	LB2	LB3	LB4
MACROTEXTURA SUPERFICIAL (*) Valor mínimo (mm)	1.1	0.9	0.7	0.5
RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (**) CRT mínimo (%)	65		60	55

(*) Medida en los 15 días siguientes a la extensión de la lechada bituminosa.

(**) Medida una vez transcurridos dos meses de la aplicación de la lechada bituminosa

541 MEZCLAS BITUMINOSAS EN FRIO

541.1 DEFINICION

Combinación de áridos y un ligante bituminoso, para la cual no es preciso calentar previamente los áridos; la mezcla se extiende y compacta a la temperatura ambiente.

541.2 MATERIALES

L
I
G
A
N
T
E

541.2.1 Ligantes bituminosos

⇒ Estará incluido dentro de los siguientes:

- BQ30 y BQ38. Ver Artículo 210, "Alquitranes para carreteras".
- RC1, RC2, RC3, MC1, MC2, MC3. Ver Artículo 212, "Betunes fluidificados".
- EAM1, EAM2, EAMf, EAL1, ECM1, ECL1, ECLf. Ver Artículo 213, "Emulsiones asfálticas".

A

R

I

D

O

S

541.2.2 Aridos

541.2.2.1 Arido grueso

⇒ Fracción retenida en el matiz 2,5 UNE.

⇒ La fracción retenida en el tamiz 5 UNE contendrá, mínimo, 75%, en peso, de elementos que presenten 2 o más caras de fractura.

⇒ Los elementos serán limpios, sólidos, resistentes, de uniformidad razonable, exentos de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas.

COEFICIENTE DE CALIDAD POR ENSAYO LOS ANGELES DEL ARIDO GRUESO (NLT-149/72)

TIPO DE CAPA	
BASE	INTERMEDIAS O RODADURA
< 30	< 25

COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO DEL ARIDO EN CAPAS DE RODADURA (NLT-174/72 y NLT-175/73)

TIPO DE TRAFICO	
PESADO	DEMÁS CASOS
≥ 0,45	≥ 0,40

INDICE DE LAJAS PARA DISTINTAS FRACCIONES DEL ARIDO GRUESO (NLT-354/74)

FRACCION	INDICE DE LAJAS
40 a 25 mm	Inferior a 40
25 a 20 mm	Inferior a 35
20 a 12,5 mm	Inferior a 35
12,5 a 10 mm	Inferior a 35
10 a 6,3 mm	Inferior a 35

⇒ En firmes sometidos a tráfico pesado el índice de lajas debe ser < 30.

541.2 MATERIALES (Cont)

ÁRIDO GRUESO *Continuación*

ADHESIVIDAD ÁRIDO GRUESO-LIGANTE

TIPO DE MEZCLA	ENSAYO	EXIGENCIA
Abiertas del tipo AF	Porcentaje de árido envuelto en ensayo de inmersión en agua, (NLT-166/75)	> 95%
Demás mezclas	Pérdida de resistencia en inmersión-compresión, (NLT-162/75)	≤ 25%

A

541.2.2.2 Arido fino

⇒ Fracción que pasa por el tamiz 2,5 mm UNE y retenida en tamiz 0,080 mm UNE.

R

ADHESIVIDAD ÁRIDO FINO-LIGANTE

ENSAYO	EXIGENCIA
Adhesividad ligante bituminoso-árido fino (NLT-355/74)	> 4
Pérdida de resistencia en inmersión-compresión (NLT-162/75)	≤ 25%

I

541.2.2.3 Filler

⇒ Fracción mineral que pasa por el tamiz 0,080 mm UNE

D

LIMITES GRANULOMETRICOS DEL FILLER

Tamiz UNE	Cernido ponderal acumulado (%)
0.63	100
0.16	90 - 100
0.080	75 - 100

O

FINURA Y ACTIVIDAD DEL FILLER

ENSAYO	EXIGENCIA
Densidad aparente por sedimentación en tolueno (NLT-176/74)	0,5 - 0,8 g/cm ³
Coefficiente de emulsibilidad. (NLT-180/74)	< 0,6

S

PLASTICIDAD DE LA MEZCLA DE ARIDOS Y FILLER

EQUIVALENTE ARENA (NLT-113/72)

TIPO DE CAPA	
BASE	INTERMEDIAS O RODADURA
> 40	> 45

541.3 TIPO Y COMPOSICION DE LA MEZCLA

COMPOSICION
TIPO Y

⇒ El tamaño máximo del árido, y por tanto el tipo de mezcla a emplear, dependerá del espesor de la capa compactada, el cual, cumplirá lo indicado en la siguiente tabla.

ESPESOR EN CM DE LA CAPA COMPACTADA	TIPOS DE MEZCLAS A EMPLEAR
Menor o igual 4	DF, SF, GF, AF, 12
Entre 4 y 6	DF, SF, GF, AF, 20
Mayor que 6	DF, SF, GF, AF, 25

541.3 TIPO Y COMPOSICION DE LA MEZCLA

Continuación

T C O M P O S I C I O N Y	TIPO Y COMPOSICION DE LA MEZCLA											
	TIPOS DE MEZCLAS											
	CEDAZOS Y TAMICES UNE	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (%)										
		Mezclas densas			Mezclas semidensas			Mezclas gruesas			Mezclas abiertas	
	DF 12	DF 20	DF 25	SF 12	SF 20	SF 25	GF 12	GF 20	GF 25	AF 12	AF 20	AF 25
40			100			100			100			100
25		100	80-95		100	80-95		100	75-95		100	65-90
20	100	80-95		100	80-95		100	75-95		100	65-90	
12.5	80-95		62-77	80-95		60-75	75-95		47-67	65-90		30-55
10		60-75			60-75			47-67			35-60	
5	50-65	47-62	45-60	47-62	43-58	40-55	30-48	28-46	26-44	20-40	15-35	10-30
2.5	35-50			30-45			20-35			5-20		
0.32	13-23			10-18			5-14					
0.080	3-8			2-7			1-5			0-4		
% ligante bituminoso residual en peso respecto al árido. (*)	4,0 - 5,5			3,5 - 5,0			3,0 - 4,5			2,5 - 4,0		

(*) El contenido del ligante bituminoso óptimo se determinará mediante ensayos de laboratorio.

541.5 EJECUCION DE LAS OBRAS

E J E C U C I O N	541.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo														
	⇒ La fórmula de trabajo indicará lo siguiente:	<ul style="list-style-type: none"> La granulometría de los áridos combinados por los cedazos y tamices: 40; 25; 20; 12,5; 10; 5; 2,5; 0,63; 0,32; 0,16 y 0,080 UNE. El contenido de ligante se fijará con base en experiencias anteriores, superficie específica del árido, por medio del ensayo del equivalente centrífugo de queroseno según NLT-169/72. 													
	<p align="center">TOLERANCIAS ADMISIBLES RESPECTO DE LA FORMULA DE TRABAJO</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CARACTERISTICA</th> <th>TOLERANCIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center" colspan="2">ARIDOS Y FILLER</td> </tr> <tr> <td>Tamices superiores al 2,5 UNE</td> <td>± 6 % del peso total de áridos</td> </tr> <tr> <td>Tamices comprendidos entre 2,5 UNE y 0,16 UNE, ambos inclusive</td> <td>± 3 % del peso total de áridos</td> </tr> <tr> <td>Tamiz 0,080 UNE</td> <td>± 1 % del peso total de áridos</td> </tr> <tr> <td align="center" colspan="2">LIGANTE</td> </tr> <tr> <td>Ligante</td> <td>± 0,5 % del peso total de áridos</td> </tr> </tbody> </table>	CARACTERISTICA	TOLERANCIA	ARIDOS Y FILLER		Tamices superiores al 2,5 UNE	± 6 % del peso total de áridos	Tamices comprendidos entre 2,5 UNE y 0,16 UNE, ambos inclusive	± 3 % del peso total de áridos	Tamiz 0,080 UNE	± 1 % del peso total de áridos	LIGANTE		Ligante	± 0,5 % del peso total de áridos
CARACTERISTICA	TOLERANCIA														
ARIDOS Y FILLER															
Tamices superiores al 2,5 UNE	± 6 % del peso total de áridos														
Tamices comprendidos entre 2,5 UNE y 0,16 UNE, ambos inclusive	± 3 % del peso total de áridos														
Tamiz 0,080 UNE	± 1 % del peso total de áridos														
LIGANTE															
Ligante	± 0,5 % del peso total de áridos														

542 MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE

542.1 DEFINICION

La mezcla bituminosa en caliente es una combinación de ligante hidrocarbonado, áridos (incluido el polvo mineral) y, eventualmente aditivos.

La mezcla bituminosa en caliente de alto módulo: mezcla empleada en capa intermedia o de base bituminosa en espesor entre 6–12 cm y módulo dinámico a 20 °C, según NLT-349, superior a 11.000 Mpa; deben cumplir todas las especificaciones de las mezclas bituminosas en caliente (excepto mención expresa de otras).

542.2 MATERIALES

542.2.1 Ligante hidrocarbonado

TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR

(Artículos 211 y 215 de este Pliego)

A) EN CAPA DE RODADURA Y SIGUIENTE

ZONA TERMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T0	T1	T2	T3 y arcenes	T4
CALIDA	B40/50 BM-2 BM-3c	B40/50 B60/70 BM-2 BM-3b BM-3c	B40/50 B60/70 BM-3b	B60/70	B60/70 B80/100
MEDIA	B40/50 B60/70 BM-3b BM-3c	B60/70 BM-3b		B60/70 B80/100	
TEMPLADA	B40/50 B60/70 BM-3b BM-3c	B60/70 B80/100 BM-3b			

B) EN CAPA DE BASE, BAJO OTRAS DOS

ZONA TERMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
	T0	T1	T2
CALIDA	B40/50 B60/70 BM-2	B40/50	B60/70
MEDIA		B60/70	B60/70 B80/100
TEMPLADA	B40/50 B60/70 B80/100		B80/100

L
I
G
A
N
T
E
S

⇒ Para T0, en capas de rodadura o rehabilitaciones superficiales, usar exclusivamente betunes asfálticos modificados con polímeros.

⇒ En mezclas drenantes, además de los betunes modificados indicados en la tabla A), para T0 y T1 se podrá usar BM-3a.

542.2 MATERIALES

Continuación

L
I
G
A
N
T
E
S

Ligante hidrocarbonado *Continuación*

TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR PARA MEZCLA DE ALTO MÓDULO

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
T0	T1	T2
BM-1	B 13/22	

A

R

I

D

O

S

542.2.2 Áridos

542.2.2.1 Características generales

- ⇒ Puede usarse como áridos, material reciclado de mezclas bituminosas en caliente, en proporción inferior al 10% de la masa total de mezcla.
- ⇒ Antes de pasar por el secador, el equivalente de arena (UNE-EN 933-8) > 50 (también es válido azul de metileno (UNE-EN 933-9) < 1 y equivalente de arena > 40).

542.2.2.2 Árido grueso

- ⇒ Fracción retenida en el tamiz 2 mm de la UNE-EN 933-2.

**PROPORCIÓN DE PARTICULAS TRITURADAS DEL ÁRIDO GRUESO
(% en masa) (UNE-EN 933-5)**

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
	T0 y T1	T2	T3 y arcenes	T4
RODADURA	100	100	≥ 90	≥ 75
INTERMEDIA		≥ 90		≥ 75 (*)
BASE	≥ 90	≥ 75		

(*) en vías de servicio

ÍNDICE DE LAJAS DEL ÁRIDO GRUESO (UNE-EN 933-3)

TIPO DE MEZCLA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
	T0 y T1	T2	T3 y arcenes	T4
DENSA, SEMI-DENSA Y GRUESA	≤ 25	≤ 30	≤ 35	
DRENANTE		≤ 25		

COEFICIENTE DE DESGASTE LOS ANGELES DEL ÁRIDO GRUESO (UNE-EN 1097-2)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
	T0	T1 y T2	T3 y arcenes	T4
RODADURA DRENANTE	≤ 15	≤ 20	≤ 25	
RODADURA CONVENCIONAL	≤ 20	≤ 25		≤ 25
INTERMEDIA	≤ 25	≤ 30	≤ 30	≤ 25 (*)
BASE				

(*) en vías de servicio

COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO DEL ÁRIDO GRUESO PARA CAPAS DE RODADURA (NLT-174)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
T0 y T1	T2	T3, T4 y arcenes
≥ 0,50	≥ 0,45	≥ 0,40

- ⇒ Exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas.

- ⇒ Contenido de impurezas < 0,5% en masa.

542.2 MATERIALES

Continuación

Materiales

Continuación

542.2.2.3 Árido fino

⇒ Fracción total cernida por el tamiz 2 mm y retenida por tamiz 0,063 mm, UNE-EN 933-2.

PROPORCIÓN DE ÁRIDO FINO NO TRITURADO (*) A EMPLEAR EN LA MEZCLA
(% en masa del total de áridos, incluido el polvo mineral)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
T0 y T1	T2 (**)	T3, T4 y arcenes
0	≤ 10	≤ 20

(*) El porcentaje del árido fino no triturado no deberá superar el del árido fino triturado.

(**) Excepto en capas de rodadura, cuyo valor será cero.

- ⇒ Sin terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas.
- ⇒ El material que se triture para obtenerlo debe cumplir la dureza del árido grueso.
- ⇒ Puede emplearse árido fino de otra naturaleza, buscando mejorar alguna característica de la mezcla; tendrá un coeficiente de Los Angeles <25 para capas de rodadura e intermedias y <30 para capas de base.

542.2.2.4 Polvo mineral

⇒ Parte de árido total cernida por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.

PROPORCIÓN DE POLVO MINERAL DE APORTACIÓN
(% masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitablemente adherido a los áridos)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
	T0 y T1	T2	T3 y arcenes	T4
RODADURA	100		≥ 50	-
INTERMEDIA	100	≥ 50		-
BASE	≥ 50		-	

⇒ Densidad aparente (NLT-176): estará comprendida entre 0,5-0,8 g/cm³.

542.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

**T
C
O
M
P
O
S
I
C
I
O
N
Y**

HUSOS GRANULOMÉTRICOS. CERNIDO ACUMULADO (% en masa) (UNE-EN 933-1)

TIPO DE MEZCLA		TAMAÑO DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)										
		40	25	20	12.5	8	4	2	0.500	0.250	0.125	0.063
Densa	D12	-	-	100	80-95	64-79	44-59	31-46	16-27	11-20	6-12	4-8
	D20	-	100	80-95	65-80	55-70	44-59	31-46	16-27	11-20	6-12	4-8
Semidensa	S12	-	-	100	80-95	60-75	35-50	24-38	11-21	7-15	5-10	3-7
	S20	-	100	80-95	64-79	50-66	35-50	24-38	11-21	7-15	5-10	3-7
	S25	100	80-95	73-88	59-74	48-63	35-50	24-38	11-21	7-15	5-10	3-7
Gruesa	G20	-	100	75-95	55-75	40-60	25-42	18-32	7-18	4-12	3-8	2-5
	G25	100	75-95	65-85	47-67	35-54	25-42	18-32	7-18	4-12	3-8	2-5
Drenante	PA12	-	-	100	70-100	38-62	13-27	9-20	5-12	-	-	3-6

(*) Para la formulación de mezclas bituminosas en caliente de alto módulo (MAM) se empleará el huso S20 con las siguientes modificaciones, respecto a dicho huso granulométrico: tamiz 0,250: 8-15; tamiz 0,125: 7-12 y tamiz 0,063: 6-9.

542.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

Continuación

TIPO Y COMPOSICIÓN

Tipo y composición *Continuación*

TIPO DE MEZCLA A UTILIZAR EN FUNCIÓN DEL TIPO Y ESPESOR DE LA CAPA

TIPO DE CAPA	ESPESOR (cm)	TIPO DE MEZCLA
RODADURA	4 - 5	D12; S12; PA12
	> 5	D20; S20
INTERMEDIA	6 - 9	D20; S20; S25; G20 (**); MAM
BASE	9 - 15	S25; G20; G25; MAM (***)
ARCENES (*)	4 - 6	D12

(*) En el caso de que no se emplee el mismo tipo de mezcla que en la capa de rodadura de la calzada.

(**) Las mezclas de tipo G-20 no deben ser utilizadas bajo mezclas drenantes, ni bajo mezclas bituminosas discontinuas.

(***) Espesor máximo de doce centímetros (12 cm).

DOTACIÓN MÍNIMA (*) DE LIGANTE HIDROCARBONADO
(% en masa sobre el total del árido seco, incluido el polvo mineral)

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	DOTACIÓN MÍNIMA (%)
RODADURA	DRENANTE	4.5
	DENSA y SEMIDENSA	4.75
INTERMEDIA	DENSA, SEMIDENSA y GRUESA	4.0
	ALTO MÓDULO	5.2
BASE	SEMIDENSA y GRUESA	3.5
	ALTO MÓDULO	5.2

(*) Incluidas las tolerancias especificadas en el apartado 542.9.3.1. Se tendrán en cuenta las correcciones por peso específico y absorción de los áridos, si son necesarias.

RELACIÓN RECOMENDABLE DE POLVO MINERAL-LIGANTE EN MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T0 A T2

TIPO DE CAPA	ZONA TERMICA ESTIVAL	
	CALIDA Y MEDIA	TEMPLADA
RODADURA	1.3	1.2
INTERMEDIA	1.2	1.1
BASE	1.1	1.0

⇒ Para MAM, la relación polvo mineral / ligante estará entre 1,3 - 1,5.

542.5 EJECUCION DE LAS OBRAS

EJECUCIÓN

542.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

⇒ En mezclas densas, semidensas, gruesas y de alto módulo:

CRITERIOS DE DOSIFICACIÓN EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL
(75 golpes por cara) (NLT-159)

CARACTERÍSTICA	CATEGORIA DE TRAFICO PESADO				
	T0	T1 y T2	T3 y arcenes	T4	
ESTABILIDAD (kN)	> 15	> 12,5	> 10	8-12	
DEFORMACION (mm)	2-3	2 - 3,5		2,5-3,5	
HUECOS EN MEZCLA (%)	Capa de rodadura	4-6	3-5		
	Capa intermedia	4-6	5-8(*)	4 - 8	4-8(**)
	Capa de base	5-8(*)	6-9 (*)	5 - 9	
HUECOS EN	Mezclas -12	≥ 15			
ARIDOS (%)	Mezclas -20 y - 25	≥ 14			

(*) En las mezclas bituminosas de alto módulo: 4-6.

(**) En vías de servicio.



542.5 EJECUCION DE LAS OBRAS

Continuación

Ejecución *Continuación*

MÁXIMA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN ($\mu\text{m}/\text{min}$) EN EL INTERVALO DE 105 A 120 MINUTOS (NLT-173)

ZONA TERMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T0	T1	T2	T3 y arcenes	T4
CALIDA	12	15		20	–
MEDIA		15		20	–
TEMPLADA	15	20			–

En mezclas de alto módulo, además el módulo dinámico (a 20 °C según NLT-349) será ≥ 11.000 MPa.

⇒ **En mezclas drenantes:**

- Huecos de la mezcla (NLT-352) $\geq 20\%$
- Pérdida por desgaste a 25 °C (NLT-352) $\leq 20\%$ en masa para T0 a T1
 $\leq 25\%$ en masa para el resto

ADHESIVIDAD ÁRIDO-LIGANTE

TIPO DE MEZCLA	ENSAYO	EXIGENCIA
DENSAS, SEMIDENSAS, GRUESAS Y DE ALTO MÓDULO	Pérdida de resistencia en inmersión-compresión (NLT-162)	$\leq 25\%$
DRENANTES	Pérdida por abrasión, cántabro, NLT-352 sumergida 24 horas a 60°C	T0 y T1: $\leq 35\%$ T2 y T3: $\leq 40\%$

542.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

UNIDAD TERMINADA

542.7.1 Densidad

DENSIDAD MÍNIMA DE MEZCLAS BITUMINOSAS DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS

ESPESOR DE LA CAPA (cm)	PORCENTAJE MÍNIMO DE LA DENSIDAD DE REFERENCIA
≥ 6	98%
< 6	97%

⇒ En mezclas drenantes, los huecos no diferirán en más de dos (± 2) puntos porcentuales, aplicando la compactación prevista según NLT-352, a la granulometría y dosificación medias del lote definido en el apartado 542.9.4.

542.7.2 Espesor y anchura

TOLERANCIAS EN ESPESOR Y ANCHURA DE MEZCLAS BITUMINOSAS DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS

TIPO DE CAPA	TOLERANCIA MÁXIMA ADMISIBLE
RODADURAS	10 mm
DEMÁS CAPAS	15 mm

542.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

Continuación

UNIDAD TERMINADA

Unidad terminada *Continuación*

542.7.3 Regularidad superficial

ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm)
PARA FIRMES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN (NLT-330)

PORCENTAJE DE HECTOMETROS	TIPO DE CAPA			OTRAS CAPAS BITUMINOSAS
	RODADURA E INTERMEDIA			
	TIPO DE VIA			
	CALZADAS DE AUTOPISTAS Y AUTOVIAS	RESTO DE VIAS		
50	< 1,5	< 1,5	< 2,0	
80	< 1,8	< 2,0	< 2,5	
100	< 2,0	< 2,5	< 3,0	

ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm)
PARA FIRMES REHABILITADOS ESTRUCTURALMENTE (NLT-330)

PORCENTAJE DE HECTOMETROS	TIPO DE VÍA			
	CALZADAS DE AUTOPISTAS Y AUTOVIAS		RESTO DE VIAS	
	ESPESOR DE RECRECIMIENTO (cm)			
	> 10	≤ 10	> 10	≤ 10
50	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 2,0
80	< 1,8	< 2,0	< 2,0	< 2,5
100	< 2,0	< 2,5	< 2,5	< 3,0

542.7.4 Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento

MACROTEXTURA SUPERFICIAL (NLT-335) Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (NLT-336) DE LAS MEZCLAS PARA CAPAS DE RODADURA

CARACTERISTICA	TIPO DE MEZCLA	
	DRENANTE	RESTO
MACROTEXTURA SUPERFICIAL (*) Valor mínimo (mm)	1.5	0.7
RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (**) CRT mínimo (%)	60	65

(*) Medida antes de la puesta en servicio de la capa.

(**) Medida una vez transcurridos dos meses de la puesta en servicio de la capa.

543 MEZCLAS BITUMINOSAS DISCONTINUAS EN CALIENTE PARA CAPAS DE RODADURA

543.1 DEFINICION

Es aquella cuyos materiales son la combinación de un ligante hidrocarbonado, áridos que presentan una discontinuidad granulométrica muy acentuada en la arena, polvo mineral y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del árido queden recubiertas por una película homogénea de ligante.

Se distinguen dos tipos de mezclas, F y M, con dos husos granulométricos con tamaño máximo nominal de 8 y 10 mm cada uno; con cada huso granulométrico podrán fabricarse mezclas bituminosas discontinuas en caliente, para capas de rodadura de 2 y 3 cm, respectivamente.

543.2 MATERIALES

L
I
G
A
N
T
E

543.2.1 Ligante hidrocarbonado

TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR (Artículos 211 y 215 de este Pliego)

CATEGORIA DE TRAFICO PESADO		
T0	T1	T2, T3, T4 y arcenes
BM-3c	BM-3c BM-3b	B60/70 B80/100

A
R
I
D
O
S

543.2.2 Áridos

543.2.2.2 Arido grueso

⇒ Fracción del árido total retenida en el tamiz 2 mm de la UNE-EN 933-2.

PROPORCION DE PARTICULAS TRITURADAS DEL ARIDO GRUESO (% en masa) (UNE-EN 933-5)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
T0 a T2	T3, T4 y arcenes
100	≥ 75

INDICE DE LAJAS DEL ARIDO GRUESO (UNE-EN 933-3)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
T0 a T2	T3, T4 y arcenes
≤ 20	≤ 25

COEFICIENTE DE DESGASTE LOS ANGELES DEL ARIDO GRUESO (UNE-EN 1097-2)

TIPO DE MEZCLA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
	T0 a T2	T3, T4 y arcenes
F	≤ 20	≤ 25
M	≤ 15	≤ 25

COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO DEL ÁRIDO GRUESO (NLT-174)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
T0 a T2	T3, T4 y arcenes
≥ 0,50	≥ 0,45

⇒ Exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas.

⇒ Contenido de impurezas, según NLT-172, < 0,5%.

543.2 MATERIALES *Continuación*

A
R
I
D
O
S

543.2.2.3 Árido fino

- ⇒ Fracción del total cernida por el tamiz 2 mm y retenida por tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.
- ⇒ En mezclas tipo F y para T2 a T4 y arcenes, puede emplearse arena natural no triturada, cuya proporción no superará el 10% de la masa total del árido combinado ni el porcentaje de árido fino triturado empleado en la mezcla.
- ⇒ Estará exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas.
- ⇒ El material que se triture cumplirá las condiciones exigidas sobre coeficiente de desgaste Los Angeles para el árido grueso.
- ⇒ Puede emplearse árido fino de otra naturaleza para mejorar características de la mezcla, como adhesividad; en tal caso procederá de árido grueso con coeficiente de desgaste Los Angeles < 25.

543.2.2.4 Polvo mineral

- ⇒ Fracción del árido total cernida por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.

PROPORCIÓN DE POLVO MINERAL DE APORTACIÓN

(% en masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitablemente adherido a los áridos)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
T0 a T2	T3, T4 y arcenes
100	≥ 0,50

- ⇒ El polvo mineral adherido a los áridos, tras su paso por el secador, será ≤ 2% de la masa de la mezcla.
- ⇒ Densidad aparente (NLT-176): 0,5 a 0,8 g/cm³.

543.3 TIPO Y COMPOSICION DE LA MEZCLA

T
I
P
O

Y

C
O
M
P
O
S
I
C
I
O
N

HUSOS GRANULOMÉTRICOS. CERNIDO ACUMULADO (% en masa) (UNE-EN 933-1)

TIPO DE MEZCLA	TAMAÑO DE LOS TAMICES (mm)						
	12.5	10	8	4	2	0.500	0.063
M8	-	100	75-97	14-27	11-22	8-16	5-7
M10	100	75-97	-	14-27	11-22	8-16	5-7
F8	-	100	75-97	23-38	18-32	11-23	7-9
F10	100	75-97	-	23-38	18-32	11-23	7-9

(*) La fracción del árido que pasa por el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2 y es retenida por el tamiz 2 mm de la UNE-EN 933-2, será inferior al ocho por ciento (8%).

- ⇒ Para T0 a T1 se empleará mezclas discontinuas en caliente tipo M.

TIPO, COMPOSICIÓN Y DOTACIÓN DE LA MEZCLA

CARACTERÍSTICA	TIPO DE MEZCLA			
	M8	M10	F8	F10
DOTACIÓN MEDIA DE MEZCLA (kg/m ²)	35-50	55-70	40-55	65-80
DOTACIÓN MÍNIMA(*) DE LIGANTE (% en masa sobre el total del árido seco, incluido el polvo mineral)	5		5.5	
LIGANTE RESIDUAL EN RIEGO	Firme nuevo > 0,3		> 0,25	
DE ADHERENCIA (kg/m ²)	Firme antiguo > 0,4		> 0,35	

(*) Incluidas las tolerancias especificadas en el apartado 543.9.3.1. Se tendrán en cuenta las correcciones por peso específico y absorción de los áridos, si son necesarias.

RELACION PONDERAL ENTRE POLVO MINERAL Y LIGANTE

TIPO DE MEZCLA	VALORES ADMISIBLES
F	1,4 a 1,8
M	1,2 a 1,4

543.5 EJECUCION DE LAS OBRAS

EJECUCION DE LAS OBRAS

543.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

⇒ La fórmula de trabajo indicará lo siguiente: la granulometría de los áridos combinados empleando los tamices 12,5; 10; 8; 4; 2; 0,500 y 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.

⇒ No se introducirá en el mezclador árido con temperatura superior en 15 °C, a la del ligante.

TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MINIMAS DE LA MEZCLA

CARACTERISTICA		VALOR (°C)
Temperatura máxima al salir del mezclador	Centrales de tambor secador-mezclador	≤ 165
	Otras centrales	≤ 180
Temperatura mínima de descarga desde elementos de transporte y a la salida de la extendedora		≥ 135

CRITERIOS DE DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS TIPO F CON EL ENSAYO MARSHALL

(NLT-159, aplicando 50 golpes por cara)

CARACTERISTICA	VALOR
Nº de golpes por cara	50
Estabilidad (kN)	> 7,5
Huecos en mezcla (%)	> 4

MÁXIMA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (µm/min) EN EL INTERVALO DE 105 A 120 MINUTOS (NLT-173)

ZONA TERMICA ESTIVAL	CATEGORIA DE TRAFICO PESADO	
	T0 a T2	T3, T4 y arcenes
CALIDA	12	15
MEDIA	12	15
TEMPLADA	15	-

CRITERIOS DE DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS TIPO M CON EL ENSAYO

CÁNTABRO (NLT-352)

CARACTERISTICA	VALOR
Número de golpes por capa	50
Pérdida por abrasión en seco (%)	≤ 15
Huecos en mezcla (%)	≥ 12

⇒ Para T0 y T1, comprobar sensibilidad de las propiedades de la mezcla a variaciones de granulometría y dosificación de ligante; no excederán de las admitidas en apartado 543.3.

CRITERIOS DE ADHESIVIDAD ARIDO-LIGANTE

TIPO DE MEZCLA	ENSAYO	VALOR
F	Pérdida de resistencia, ensayo inmersión-compresión, NLT-162.	≤ 25%
M	Pérdida por abrasión, ensayo cántabro, inmersión durante 1 día a 60 °C, NLT-352.	≤ 25%

543.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

UNIDAD TERMINADA

543.7.1 Densidad

CRITERIOS DE DENSIDAD

TIPO DE MEZCLA	VALOR ADMISIBLE
F	> 98% de densidad en ensayo Marshall
M	± 2% porcentaje de huecos en mezcla, con respecto a fórmula de trabajo

543.7.2 Espesor y anchura

⇒ El espesor de la capa no será inferior, en ningún punto, al 100% del previsto en Planos de Proyecto, o en su defecto al resultante de aplicar la dotación media que figura en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, con salvedades del apartado 543.10.2.

⇒ La anchura, en todos los semiperfiles, no será inferior a la teórica.

543.7.3 Regularidad superficial

ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm) PARA FIRMES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN (NLT-330)

PORCENTAJE DE HECTOMETROS	TIPO DE VIA	
	TRONCO DE AUTOPISTAS Y AUTOVIAS	RESTO DE VIAS
50	< 1,5	< 1,5
80	< 1,8	< 2,0
100	< 2,0	< 2,5

ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm) PARA FIRMES REHABILITADOS ESTRUCTURALMENTE (NLT-330)

PORCENTAJE DE HECTOMETROS	TIPO DE CAPA			
	CALZADAS DE AUTOPISTAS Y AUTOVIAS		RESTO DE VIAS	
	ESPESOR DE RECRECIMIENTO (cm)			
	> 10	≤ 10	> 10	≤ 10
50	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 2,0
80	< 1,8	< 2,0	< 2,0	< 2,5
100	< 2,0	< 2,5	< 2,5	< 3,0

543.7.4 Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento

MACROTEXTURA SUPERFICIAL (NLT-335) Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (NLT-336) DE LAS MEZCLAS

CARACTERÍSTICA	TIPO DE MEZCLA	
	M	F
MACROTEXTURA SUPERFICIAL (*) Valor mínimo (mm)	1.5	1.1
RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (**) CRT mínimo (%)	60	65

(*) Medida antes de la puesta en servicio de la capa.

(**) Medida una vez transcurridos dos meses de la puesta en servicio de la capa.

550 PAVIMENTOS DE HORMIGON VIBRADO

550.1 DEFINICION

El constituido por un conjunto de losas de hormigón en masa separadas por juntas transversales, o por una losa continua de hormigón armado, en ambos casos eventualmente dotados de juntas longitudinales, y que se pone en obra con una consistencia tal del hormigón, que requiere el empleo de vibradores.

550.2 MATERIALES

CEMENTO	<p>550.2.1 Cemento</p> <p>⇒ Tipo y clase : 32,5</p> <p>⇒ Cumplirá prescripciones artículo 202 del PG-3 y las del PPTP.</p> <p>⇒ No emplear cementos de aluminato de calcio, ni mezclas de cemento con adiciones que no hayan sido realizadas en centrales de fabricación de cemento.</p>								
AGUA	<p>550.2.2 Agua</p> <p>⇒ Cumplirá prescripciones artículo 280 del PG-3.</p>								
A	<p>550.2.3 Arido, generalidades</p> <p>⇒ Cumplirán las prescripciones del artículo 610 del PG-3 y las prescripciones adicionales contenidas en este artículo.</p> <p>⇒ No serán susceptibles de meteorización o alteración físico-química, bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo.</p>								
R	<p>550.2.3.1 Arido grueso</p> <p>⇒ Parte del árido total retenida en el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2.</p> <p>⇒ Se suministrará, como mínimo, en dos fracciones granulométricas.</p>								
I	<p style="text-align: center;">CARACTERISTICAS DEL ARIDO GRUESO</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>TAMAÑO MAXIMO DE PARTICULAS</td> <td>≤ 40 mm, y ≤ 1/2 de espesor de la capa.</td> </tr> <tr> <td>COEFICIENTE DE LOS ANGELES (UNE-EN 1097-2)</td> <td>< 35</td> </tr> </table>	TAMAÑO MAXIMO DE PARTICULAS	≤ 40 mm, y ≤ 1/2 de espesor de la capa.	COEFICIENTE DE LOS ANGELES (UNE-EN 1097-2)	< 35				
TAMAÑO MAXIMO DE PARTICULAS	≤ 40 mm, y ≤ 1/2 de espesor de la capa.								
COEFICIENTE DE LOS ANGELES (UNE-EN 1097-2)	< 35								
D	<p>⇒ Para T0 y T1 se puede hacer denudación química, con o sin incrustación de gravilla en la superficie del hormigón fresco.</p>								
O	<p style="text-align: center;">CARACTERISTICAS DE LA GRAVILLA A INCRUSTAR</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>TAMAÑO DE LA GRAVILLA INCRUSTADA</td> <td>4 a 8 mm</td> </tr> <tr> <td>COEFICIENTE DE LOS ANGELES (UNE-EN 1097-2)</td> <td>≤ 20</td> </tr> <tr> <td>COEFICIENTE PULIMENTO ACELERADO (NLT-174)</td> <td>> 0.50</td> </tr> <tr> <td>DOTACION</td> <td>5 kg/m²</td> </tr> </table>	TAMAÑO DE LA GRAVILLA INCRUSTADA	4 a 8 mm	COEFICIENTE DE LOS ANGELES (UNE-EN 1097-2)	≤ 20	COEFICIENTE PULIMENTO ACELERADO (NLT-174)	> 0.50	DOTACION	5 kg/m ²
TAMAÑO DE LA GRAVILLA INCRUSTADA	4 a 8 mm								
COEFICIENTE DE LOS ANGELES (UNE-EN 1097-2)	≤ 20								
COEFICIENTE PULIMENTO ACELERADO (NLT-174)	> 0.50								
DOTACION	5 kg/m ²								
S	<p>⇒ Si se denuda el hormigón sin incrustar la gravilla, el árido grueso del hormigón deberá tener también como mínimo el coeficiente de pulimento acelerado prescrito en la tabla anterior.</p>								
	<p>550.2.3.2 Arido fino</p> <p>⇒ Parte del árido total cernida por el tamiz 4 mm y retenida en el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.</p> <p>⇒ En general, será una arena natural rodada. Se podrá permitir que tenga una proporción determinada de arena de machaqueo.</p> <p>⇒ La proporción de partículas silíceas del árido fino, NLT-371, del hormigón de la cara superior, o de todo el pavimento si se construye en una sola capa y sin denudado, deberá cumplir lo fijado en la siguiente tabla.</p>								

550.2 MATERIALES		Continuación																						
A R I D O F I N O	ARIDO FINO		Continuación																					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">CARACTERISTICA</th> <th colspan="2">CATEGORIA DE TRAFICO PESADO</th> </tr> <tr> <th>T0 a T1</th> <th>DEMÁS CASOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PROPORCIÓN DE PARTICULAS SILICEAS (NLT-371)</td> <td>≥ 35%</td> <td>≥ 30%</td> </tr> <tr> <td>COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO DEL ARIDO GRUESO DE ORIGEN (NLT-174)</td> <td>> 0.50</td> <td>> 0.45</td> </tr> </tbody> </table>		CARACTERISTICA	CATEGORIA DE TRAFICO PESADO		T0 a T1	DEMÁS CASOS	PROPORCIÓN DE PARTICULAS SILICEAS (NLT-371)	≥ 35%	≥ 30%	COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO DEL ARIDO GRUESO DE ORIGEN (NLT-174)	> 0.50	> 0.45											
	CARACTERISTICA	CATEGORIA DE TRAFICO PESADO																						
		T0 a T1	DEMÁS CASOS																					
	PROPORCIÓN DE PARTICULAS SILICEAS (NLT-371)	≥ 35%	≥ 30%																					
	COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO DEL ARIDO GRUESO DE ORIGEN (NLT-174)	> 0.50	> 0.45																					
	⇒ Limpieza del árido fino: según la UNE-EN 933-8, deberá cumplir lo fijado en la siguiente tabla:																							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">EQUIVALENTE ARENA</th> <th colspan="2">CONDICIONES DE LA ZONA</th> </tr> <tr> <th>SIN HELADAS</th> <th>CON HELADAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>≥ 75%</td> <td>≥ 80%</td> </tr> </tbody> </table>		EQUIVALENTE ARENA	CONDICIONES DE LA ZONA		SIN HELADAS	CON HELADAS		≥ 75%	≥ 80%														
	EQUIVALENTE ARENA	CONDICIONES DE LA ZONA																						
		SIN HELADAS	CON HELADAS																					
	≥ 75%	≥ 80%																						
⇒ Granulometría del árido fino:																								
<p style="text-align: center;">HUSO GRANULOMETRICO DEL ARIDO FINO CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (% en masa)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">TAMAÑO DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)</th> </tr> <tr> <th>4</th> <th>2</th> <th>1</th> <th>0.500</th> <th>0.250</th> <th>0.125</th> <th>0.063</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>81-100</td> <td>58-85</td> <td>39-68</td> <td>21-46</td> <td>7-22</td> <td>1-8</td> <td>0-4 (*)</td> </tr> </tbody> </table> <p>(*): Para T3 y T4 se puede admitir hasta 6%, si el contenido de partículas arcillosas, UNE-UN 933-9, es inferior a 0,7 g.</p>			TAMAÑO DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)							4	2	1	0.500	0.250	0.125	0.063	81-100	58-85	39-68	21-46	7-22	1-8	0-4 (*)	
TAMAÑO DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)																								
4	2	1	0.500	0.250	0.125	0.063																		
81-100	58-85	39-68	21-46	7-22	1-8	0-4 (*)																		
<ul style="list-style-type: none"> - Adoptada una curva granulométrica, dentro de los límites indicados, se admitirá respecto de su módulo de finura, según UNE-EN 933-1, una variación máxima del 5%. 																								
ADITIVOS		550.2.4 Aditivos																						
⇒ Deberán cumplir las condiciones establecidas en UNE-EN 934-2.																								
P A S A D O R E S Y B A R R A S	550.2.5 Pasadores y barras de unión																							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ELEMENTO</th> <th>DIAMETRO</th> <th>LONGITUD</th> <th>EXIGENCIAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PASADORES (acero tipo S-275-JR)</td> <td>25 mm</td> <td>50 cm</td> <td>UNE 36541 UNE-EN 10025</td> </tr> <tr> <td>BARRAS DE UNION</td> <td>12 mm</td> <td>80 cm</td> <td>Artículo 240, PG3</td> </tr> </tbody> </table>			ELEMENTO	DIAMETRO	LONGITUD	EXIGENCIAS	PASADORES (acero tipo S-275-JR)	25 mm	50 cm	UNE 36541 UNE-EN 10025	BARRAS DE UNION	12 mm	80 cm	Artículo 240, PG3									
	ELEMENTO	DIAMETRO	LONGITUD	EXIGENCIAS																				
	PASADORES (acero tipo S-275-JR)	25 mm	50 cm	UNE 36541 UNE-EN 10025																				
	BARRAS DE UNION	12 mm	80 cm	Artículo 240, PG3																				
	⇒ Los pasadores cumplirán, además los siguientes requisitos:																							
	<ul style="list-style-type: none"> - Constituidos por barras lisas, no presentarán irregularidades ni rebabas. - Estarán recubiertos en toda su longitud con un producto antiadherente. - En juntas de dilatación un extremo se cubrirá con capucha, de longitud entre 50 a 100 mm, rellena de material compresible que permita un desplazamiento horizontal, igual o superior al del material de relleno de la junta. 																							
	550.2.6 Barras para pavimentos continuos de hormigón armado																							
	<p style="text-align: center;">DIAMETRO DE LAS BARRAS PARA PAVIMENTOS CONTINUOS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">TIPO DE BARRA</th> <th colspan="2">ESPESOR DE LA LOSA DEL PAVIMENTO</th> </tr> <tr> <th>< 22 cm</th> <th>≥ 22 cm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LONGITUDINAL</td> <td>≥ 16 mm</td> <td>≥ 20 mm</td> </tr> <tr> <td>TRANSVERSAL</td> <td colspan="2">12 mm</td> </tr> </tbody> </table>			TIPO DE BARRA	ESPESOR DE LA LOSA DEL PAVIMENTO		< 22 cm	≥ 22 cm	LONGITUDINAL	≥ 16 mm	≥ 20 mm	TRANSVERSAL	12 mm											
	TIPO DE BARRA	ESPESOR DE LA LOSA DEL PAVIMENTO																						
< 22 cm		≥ 22 cm																						
LONGITUDINAL	≥ 16 mm	≥ 20 mm																						
TRANSVERSAL	12 mm																							
⇒ Las barras serán de acero B500S ó B500SD;deberán cumplir el artículo 240 del PG-3.																								
⇒ Las barras se unirán en obra mediante soldadura; el Pliego Particular o el Director de Obra podrán autorizar la unión mediante atadura o manguito.																								

550.2 MATERIALES											
MEMBRANA	550.2.7 Membrana para separación de la base o curado del pavimento ⇒ Deberán cumplir las exigencias de la ASTM C 171.										
	550.2.8 Productos filmógenos de curado ⇒ Deberán cumplir las prescripciones del artículo 285 del PG-3.										
J U N T A S	550.2.9 Materiales para juntas										
	550.2.9.1 Materiales de relleno en juntas de dilatación ⇒ Deberán cumplir la exigencia de la UNE 41107. ⇒ Su espesor estará entre 15 y 18 mm.										
	550.2.9.2 Materiales para la formación de juntas en fresco ⇒ Para T2 y T4, se podrán utilizar materiales rígidos que no absorban agua o tiras de plástico con un espesor mínimo de 0,35 mm.										
	550.2.9.3 Materiales para el sellado de juntas ⇒ Estará comprendido dentro de los tipos presentados en la siguiente tabla:										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO DE MATERIALES</th> <th>ESPECIFICACION A CUMPLIR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Siliconas autonivelantes</td> <td>Federal americana SS-S-1543.</td> </tr> <tr> <td>Bituminosos de sellado</td> <td>UNE 104233</td> </tr> <tr> <td>Elastoméricos de dos componentes de aplicación en frío</td> <td>BS 5212</td> </tr> <tr> <td>Perfiles extruidos de policloropreno</td> <td>ASTM D 2628</td> </tr> </tbody> </table>	TIPO DE MATERIALES	ESPECIFICACION A CUMPLIR	Siliconas autonivelantes	Federal americana SS-S-1543.	Bituminosos de sellado	UNE 104233	Elastoméricos de dos componentes de aplicación en frío	BS 5212	Perfiles extruidos de policloropreno	ASTM D 2628
TIPO DE MATERIALES	ESPECIFICACION A CUMPLIR										
Siliconas autonivelantes	Federal americana SS-S-1543.										
Bituminosos de sellado	UNE 104233										
Elastoméricos de dos componentes de aplicación en frío	BS 5212										
Perfiles extruidos de policloropreno	ASTM D 2628										

550.3 TIPO Y COMPOSICION DEL HORMIGON															
T I P O Y C O M P O S I C I O N	⇒ La resistencia característica a flexotracción a 28 días, referida a probetas prismáticas de sección cuadrada, de 15 cm de lado y 60 cm de longitud, fabricadas según UNE 83301, admitiéndose compactación con mesa vibrante, ensayadas según UNE 83305, deberá cumplir lo indicado en la siguiente tabla.														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO DE HORMIGON PARA PAVIMENTO</th> <th>RESISTENCIA CARACTERISTICA A FLEXOTRACCION A 28 DIAS (MPa)(*)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HP-4,5</td> <td>4.5</td> </tr> <tr> <td>HP-4,0</td> <td>4.0</td> </tr> <tr> <td>HP-3,5</td> <td>3.5</td> </tr> </tbody> </table>	TIPO DE HORMIGON PARA PAVIMENTO	RESISTENCIA CARACTERISTICA A FLEXOTRACCION A 28 DIAS (MPa)(*)	HP-4,5	4.5	HP-4,0	4.0	HP-3,5	3.5						
	TIPO DE HORMIGON PARA PAVIMENTO	RESISTENCIA CARACTERISTICA A FLEXOTRACCION A 28 DIAS (MPa)(*)													
	HP-4,5	4.5													
HP-4,0	4.0														
HP-3,5	3.5														
(*) Si se emplean cementos para usos especiales (ESP), los valores, a veintiocho (28) días, se podrán disminuir en un quince por ciento (15%) si, mediante ensayos normales o acelerados, se comprueba que se cumplen a noventa (90)días.															
	⇒ La resistencia característica a flexotracción a 28 días se define como el valor de la resistencia asociado a un nivel de confianza del 95%.														
	<p style="text-align: center;">CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA DE HORMIGON</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO DE MATERIALES</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Consistencia, UNE 83313, el asiento estará entre</td> <td>2 y 6 cm</td> </tr> <tr> <td>Masa unitaria total de partículas, con cemento, cernidas por UNE 0,160 mm</td> <td>< 450 kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Cantidad mínima de cemento por metro cúbico de hormigón fresco</td> <td>≥ 300 kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Relación ponderal agua/cemento</td> <td>≤ 0.46</td> </tr> <tr> <td>Proporción de aire ocluido en hormigón fresco vertido en obra, UNE 83315</td> <td>≤ 6%</td> </tr> <tr> <td>En zonas con nevadas o heladas, obligatorio aire ocluido en hormigón fresco</td> <td>≥ 4%</td> </tr> </tbody> </table>	TIPO DE MATERIALES		Consistencia, UNE 83313, el asiento estará entre	2 y 6 cm	Masa unitaria total de partículas, con cemento, cernidas por UNE 0,160 mm	< 450 kg/m ³	Cantidad mínima de cemento por metro cúbico de hormigón fresco	≥ 300 kg/m ³	Relación ponderal agua/cemento	≤ 0.46	Proporción de aire ocluido en hormigón fresco vertido en obra, UNE 83315	≤ 6%	En zonas con nevadas o heladas, obligatorio aire ocluido en hormigón fresco	≥ 4%
TIPO DE MATERIALES															
Consistencia, UNE 83313, el asiento estará entre	2 y 6 cm														
Masa unitaria total de partículas, con cemento, cernidas por UNE 0,160 mm	< 450 kg/m ³														
Cantidad mínima de cemento por metro cúbico de hormigón fresco	≥ 300 kg/m ³														
Relación ponderal agua/cemento	≤ 0.46														
Proporción de aire ocluido en hormigón fresco vertido en obra, UNE 83315	≤ 6%														
En zonas con nevadas o heladas, obligatorio aire ocluido en hormigón fresco	≥ 4%														

550.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

UNIDAD TERMINADA

550.7.1 Resistencia

⇒ La resistencia característica a flexotracción a veintiocho (28) días cumplirá lo indicado en el apartado 550.3.

550.7.2 Alineación, rasante, espesor y anchura

CARACTERISTICA	VALORES ADMISIBLES
ALINEACION	La desviación en planta será < 3 cm, con respecto a alineación teórica.
RASANTE	- 10 mm con respecto a la teórica; no la rebasará en ningún punto.
ESPESOR	En ningún punto será inferior al previsto en sección-tipo de planos.
ANCHURA	En ningún punto será inferior a la prevista en sección-tipo de planos.

550.7.3 Regularidad superficial

INDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/Hm) (NLT-330)

PORCENTAJE DE HECTOMETROS	TIPO DE VIA	
	CALZADAS DE AUTOPISTAS Y AUTOVIAS	RESTO DE VIAS
50	< 1,5	< 1,5
80	< 1,8	< 2,0
100	<2,0	< 2,5

550.7.4 Textura superficial

⇒ La superficie debe presentar textura uniforme y exenta de segregaciones.

⇒ La profundidad de la textura superficial por el método del círculo de arena NLT-335, estará entre 0,6 y 0,9 mm.

551 HORMIGÓN MAGRO VIBRADO

551.1 DEFINICION

Es la mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y aditivos, empleada en capas de base bajo pavimentos de hormigón, que se pone en obra con una consistencia tal que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación.

551.2 MATERIALES

CEMENTO

551.2.1 Cemento

- ⇒ Tipo y clase resistente : 32,5N ó 42,5N.
- ⇒ Cumplirá prescripciones artículo 202 del PG-3 y las del PPTP.
- ⇒ No emplear cementos de aluminato de calcio, ni mezclas con adiciones que no hayan sido realizadas en fábrica.
- ⇒ El principio de fraguado, UNE-EN 196-3, no tendrá lugar antes de 2 horas.

AGUA

551.1.2 Agua

- ⇒ Cumplirá las prescripciones del artículo 280 del PG-3.

A

551.2.3 Arido, generalidades

- ⇒ Cumplirán las prescripciones del artículo 610 del PG-3 y las prescripciones adicionales contenidas en este artículo.
- ⇒ No serán susceptibles de meteorización o alteración físico-química, bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en el lugar de empleo.

R

551.2.3.1 Arido grueso

- ⇒ Parte del árido total retenida en el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2.
- ⇒ Se suministrará, como mínimo, en dos fracciones granulométricas.

CARACTERISTICAS DEL ARIDO GRUESO

TAMAÑO MAXIMO DE PARTICULAS	≤ 40 mm
COEFICIENTE DE LOS ANGELES (UNE-EN 1097-2)	< 35
INDICE DE LAJAS (UNE-EN 933-3)	< 35

I

551.2.3.2 Arido fino

- ⇒ Parte del árido total cernida por el tamiz 4 mm de la UNE-EN 933-2

D

- ⇒ Será una arena natural rodada. Se podrá permitir que tenga una proporción determinada de arena de machaqueo.

- ⇒ Limpieza del árido fino: según la UNE-EN 933-8, deberá cumplir lo fijado en la siguiente tabla:

EQUIVALENTE ARENA	CONDICIONES DE LA ZONA	
	SIN HELADAS	CON HELADAS
	≥ 75	≥ 80

O

- ⇒ Granulometría del árido fino (según UNE-EN 933-1):

S

HUSO GRANULOMETRICO DEL ARIDO FINO

CERNIDO ACUMULADO (% en masa)

ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)						
4	2	1	0.500	0.250	0.125	0.063
81-100	58-85	39-68	21-46	7-22	1-8	0-6 (*)

(*): Se puede admitir hasta 8%, si el contenido de partículas arcillosas, UNE 7133, es inferior a 0,7 g.

551.2 MATERIALES		Continuación	
ARIDO FINO	ARIDO FINO	Continuación	
	⇒ Adoptada una curva granulométrica, dentro de los límites indicados, se admitirá respecto de su módulo de finura, según UNE-EN 933-1, una variación máxima del 5%.		
ADITIVOS	551.2.4 Aditivos	⇒ Deberán cumplir las condiciones establecidas en UNE-EN 934-2.	
CURADO	551.2.5 Productos filmógenos de curado	⇒ Deberán cumplir las prescripciones del artículo 285 del PG-3.	
551.3 TIPO Y COMPOSICION DEL HORMIGON MAGRO VIBRADO			
C O M P O S I C I O N	⇒ La resistencia media a compresión simple a 28 días, referida a probetas cilíndricas, de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, fabricadas y conservadas según UNE 83301 y ensayadas según UNE 83304, deberá estar comprendida entre 15 y 22 MPa.		
	⇒ La resistencia media a compresión simple a 28 días se define como la media aritmética de los resultados obtenidos sobre 3 probetas de la misma amasada, según apartado 551.9.3		
	CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA DE HORMIGON		
	TIPO DE MATERIALES		
	Consistencia, UNE 83313, el asiento estará entre		2 y 6 cm
	Masa unitaria del total de partículas, incluido el cemento, cernidas por el tamiz 0,125 mm, UNE-EN 933-2		≥ 250 kg/m ³
	Cantidad mínima de cemento por metro cúbico de hormigón fresco		≥ 140 kg/m ³
	Relación ponderal agua/cemento		≤ 1.15
	Proporción de aire ocluido en hormigón fresco vertido en obra, UNE 83315		≤ 5% (*)
	En zonas con nevadas o heladas, obligatorio incluso aire ocluido; porcentaje de aire ocluido en hormigón fresco		≥ 4% (*)
551.5 EJECUCION DE LAS OBRAS			
E J E C U C I O N	551.5.1 Estudio y obtención de la fórmula de trabajo		
	⇒ Los ensayos de resistencia se realizarán sobre probetas procedentes de 6 amasadas diferentes, confeccionando 2 series de 3 probetas por amasada, según UNE 83301.		
	⇒ Las probetas se conservarán según UNE 83301.		
	⇒ Se ensayarán a compresión simple, según UNE 83304, 1 serie de cada una de las amasadas a 7 días y la otra a 28 días.		

551.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

U
N
I
D
A
D

T
E
R
M
I
N
A
D
A

551.7.1 Resistencia

⇒ La resistencia a compresión simple a 28 días, cumplirá lo indicado en 551.3.

551.7.2 Alineación, rasante, espesor y anchura

CARACTERISTICA	VALORES ADMISIBLES
ALINEACION	La desviación en planta no será superior a 4 cm, con respecto a la alineación teórica, con longitudes de referencia de 3 m. La superficie de la capa tendrá la pendiente de los Planos.
RASANTE	- 10 mm con respecto a la teórica; no la rebasará en ningún punto.
ESPESOR	En ningún punto será inferior al previsto en sección-tipo de planos.
ANCHURA	En ningún punto será inferior a la prevista en sección-tipo de planos.

551.7.3 Regularidad superficial

PORCENTAJE DE HECTOMETROS	IRI (dm/hm)
50	< 2,0
80	< 2,5
100	< 3,0

8.2. Prescripciones técnicas particulares

Además de las prescripciones técnicas generales, los materiales siguientes materiales deben cumplir una serie de prescripciones particulares para formar parte del firme:

- Mezclas bituminosas en caliente.
- Mezclas bituminosas abiertas en frío.
- Materiales tratados con cemento.
- Gravaemulsión.
- Zahorra artificial.
- Macadam.
- Tratamientos superficiales.
- Pavimento de hormigón vibrado.

8.2.1. Mezclas bituminosas en caliente

Para la elección del tipo de ligante bituminoso, así como para la relación entre su dosificación en masa y la del polvo mineral, se tendrá en cuenta la zona térmica estival definida en la figura 4.1.

8.2.1.1. Espesor de las capas de mezcla bituminosa

Los espesores de una capa vendrán determinados por los valores dados en la tabla 8.1. En las secciones en las que haya más de una capa de mezcla bituminosa el espesor de la capa inferior será mayor o igual al espesor de las superiores.

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA (*)	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
		T0 y T1	T2 y T31	T32 y T4 (T41 y T42)
RODADURA	PA	4		
	M	3	2-3	
	F		2-3	
	D y S		6-5	5
INTERMEDIA	D y S	5-9 ^(**)		
BASE	S y G	7-15		
	MAM	7-13		

* Ver definiciones en prescripciones técnicas particulares o artículos 542 y 543 del PG-3.

** Salvo en arcenes.

Tabla 8.1. Espesor de capas de mezcla bituminosa en caliente.

8.2.1.2. Capas de rodadura de mezcla bituminosa

La capa de rodadura estará constituida por una mezcla bituminosa drenante (PA), definida en el artículo 542 del PG-3, por una mezcla bituminosa discontinua en caliente de tipo M o F, definida en el artículo 543 del PG-3, o por una mezcla bituminosa en caliente de tipo denso (D) o semidenso (S), definida en el artículo 542 del PG-3.

Para las categorías de tráfico pesado T0 a T1 se emplearán las mezclas bituminosas discontinuas en caliente tipo M o bien las drenantes, según las condiciones de intensidad de circulación y pluviométricas.

Las mezclas drenantes sólo podrán aplicarse en carreteras sin problemas de nieve o de formación de hielo, cuyos accesos estén pavimentados, con tráfico suficiente ($IMD > 5.000$ vehículos/día) y con un régimen de lluvias razonablemente constante que facilite su limpieza. No se utilizarán sobre tableros de estructuras que no estén debidamente impermeabilizados y en todo caso deberán preverse sistemas específicos de captación y de eliminación del agua infiltrada a través de la superficie del pavimento.

La figura 4.2. recoge las zonas pluviométricas lluviosa y seca.

A los efectos de aplicación de estas recomendaciones, y salvo justificación en contrario, no deberán proyectarse pavimentos con mezcla drenante en altitudes superiores a los 1200 m, ni cuando el tramo a proyectar esté comprendido en la zona pluviométrica seca.

En la zona pluviométrica seca podrá excepcionalmente utilizarse mezcla drenante en tramos de pequeña pendiente longitudinal (inferior a 1,5%) en los que además el régimen de precipitación sea corto, pero intenso, durante un número significativo de días al año; la longitud pavimentada con mezcla drenante no deberá ser inferior a 500 m.

Con el fin de mejorar la seguridad y la comodidad en tiempo de lluvia, en firmes con pavimento bituminoso podrán utilizarse mezclas drenantes, previa justificación, teniendo en cuenta los criterios establecidos anteriormente, y siempre que las características climáticas, de trazado y de tráfico lo aconsejen, especialmente en autopistas y autovías urbanas y periurbanas con intensidad de tráfico superior a diez mil vehículos al día ($IMD > 10.000$ vehículos/día).

8.2.1.3. Mezclas de alto módulo

En las secciones con espesor de mezcla bituminosa en caliente igual o superior a 25 cm y con explanadas de categoría E3 y E2, se podrá justificar una reducción del espesor total de aquéllas del 20% como máximo, mediante el empleo de mezclas bituminosas de alto módulo (MAM) de las especificadas en el artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). En síntesis, únicamente se podrá justificar la mencionada reducción de espesores en las secciones denominadas 031, 121, 131 y 221.

La reducción del espesor total de las capas de mezcla bituminosa en caliente se hará teniendo en cuenta que la capa de mezcla de alto módulo se dispondrá en capas de base, manteniendo los espesores de la capa de rodadura e intermedia y realizando la sustitución de la mezcla en el total de las capas inferiores. Además se cumplirán las prescripciones contenidas en el apartado 8.2.1.1 de esta norma.

8.2.1.4. Riego de imprimación

Sobre la capa granular que vaya a recibir una capa de mezcla bituminosa o un tratamiento superficial, deberá efectuarse, previamente, un riego de imprimación, definido en el artículo 530 del PG-3.

8.2.1.5. Riego de adherencia

Sobre las capas de materiales tratados con cemento y las capas de mezcla bituminosa que vayan a recibir una capa de mezcla bituminosa deberá efectuarse, previamente, un riego de adherencia, definido en el artículo 531 del PG-3. La correcta ejecución de este riego es fundamental para el buen comportamiento del firme.

8.2.1.6. Riego de curado

Sobre las capas tratadas con un conglomerante hidráulico se proyectará un riego de curado, definido en el artículo 532 del PG-3.

8.2.2. Mezclas bituminosas abiertas en frío (AF)

Sólo se podrán emplear para T4 (T41 y T42). En capa de rodadura se recomienda sellar con un tratamiento superficial.

8.2.3. Materiales tratados con cemento

8.2.3.1. Gravacemento

Se aplicará con un espesor mínimo de 20 cm. El espesor máximo será de 25 cm.

8.2.3.2. Suelocemento

Manteniendo los espesores especificados en el catálogo de secciones de firme (fig. 9.1), el sueloce-
mento podrá ser sustituido por una gravacemento si las disponibilidades del material así lo justificaran.
En este caso podrá utilizarse el huso GC25 en calzada, y no serán exigibles las prescripciones relati-
vas al porcentaje de caras de fractura.

8.2.4. Gravaemulsión

El espesor de capa será:

- Para T0 y T1: no admisible.
- Para T2 a T4: 6 a 12 cm

8.2.5. Zahorra artificial y Macadam

El rango de espesores será:

- Espesor mínimo: 20 cm (15 cm en arcenes)
- Espesor máximo: 30 cm

8.2.6. Tratamientos superficiales

Para tráfico T41 y T42, se aplicarán según Catálogo de secciones de firme.

8.2.7. Pavimento de hormigón vibrado

La nomenclatura adoptada para los hormigones empleados en los pavimentos de hormigón corresponde a Hormigón de Pavimento (HP), seguida del valor de la resistencia característica a flexotracción a los 28 días expresada en megapascales (MPa). Estos hormigones deberán cumplir las especificaciones fijadas en el artículo 550 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

Para firmes de carreteras con categorías de tráfico pesado T0 a T2 se utilizará hormigón tipo HP-4,5. Para las categorías T1 y T2 podrá emplearse el HP-4,0 mayorando en 2 cm los espesores dados por el Catálogo de secciones de firme (figura 8.1.).

Para firmes de carreteras con categoría de tráfico pesado T1 y T2 el pavimento será de hormigón en masa, con juntas provistas de pasadores. Si se justificase su conveniencia por razones técnicas o económicas, para firmes de carreteras con categoría de tráfico pesado T1 podrá también emplearse pavimento continuo de hormigón armado, permitiendo una reducción de hasta 4 cm en los espesores dados en el Catálogo de secciones de firme.

Para los firmes de carretera con categoría de tráfico pesado T3 (T31 y T32) y T4 (T41 y T42) o eventualmente en arcenes, el pavimento será de hormigón en masa, con juntas sin pasadores. Para estas categorías de tráfico pesado se utilizará hormigón tipo HP-4,0, aunque también podrá utilizarse el HP-3,5 mayorando en 2 cm los espesores dados por el Catálogo de secciones de firme.

La cuantía geométrica del pavimento de hormigón armado continuo será del 0,7% para HP-4,5 y del 0,6% para el HP-4,0. Asimismo en este tipo de pavimentos se dispondrán anclajes al terreno en las secciones extremas, así como en las secciones especiales que lo requieran.

8.2.7.1. Juntas longitudinales

Se dispondrán juntas longitudinales en los pavimentos de hormigón vibrado, y podrán ser de alabeo o de hormigonado.

En las zonas en las que la anchura de hormigonado sea superior a 5 m se proyectarán juntas longitudinales de alabeo, dividiendo el pavimento en franjas aproximadamente iguales, procurando que coincidan sensiblemente con las separaciones entre los carriles de circulación y evitando que lo hagan con las zonas de rodadura del tráfico, con una marca vial o con un pasador. Se ejecutarán por aserrado, con una profundidad de corte no inferior al tercio del espesor de la losa.

Donde el hormigonado se realice por franjas se proyectarán juntas longitudinales de hormigonado, procurando que coincidan sensiblemente con las separaciones entre carriles de circulación y evitando que lo hagan con las zonas de rodadura del tráfico o con una marca vial.

En todos los casos se proyectarán perpendicularmente a la junta longitudinal, barras corrugadas de unión de 12 mm de diámetro, 80 cm de longitud y espaciadas 1 m. Se dispondrán a la mitad del espesor de la losa y simétricas respecto de la junta.

En el proyecto de las juntas longitudinales, tanto de alabeo como de hormigonado, se tendrá en cuenta su sellado por alguno de los siguientes procedimientos:

- Practicando un cajeadado en el que se introducirá un cordón elastomérico, sobre el que se colocará un producto específico de sellado.
- Mediante un perfil elastomérico, introducido a presión.

8.2.7.2 Juntas transversales

Las juntas transversales que se proyecten en los pavimentos de hormigón vibrado podrán ser de contracción, de hormigonado o de dilatación.

Las juntas transversales de contracción se realizarán por aserrado, con una anchura de corte no superior a 4 mm, y profundidad no inferior al cuarto del espesor de la losa.

Para las categorías de tráfico pesado T1 y T2 las juntas transversales de contracción se proyectarán provistas de pasadores (a la mitad del espesor de la losa, perpendiculares y simétricos respecto a la junta) de acero liso de 25 mm de diámetro, 50 cm de longitud y separación variable, de 30 cm bajo las rodadas del carril de proyecto y de 60 cm en otras zonas. Estas juntas se dispondrán perpendiculares al eje de la calzada e irán separadas entre sí una longitud comprendida entre 4 y 5 m.

Para las categorías de tráfico pesado T3 (T31 y T32) y T4 (T41 y T42), se podrán proyectar juntas transversales de contracción sin pasadores a una distancia no superior a 4 m, la cual se reducirá hasta los 3,5 m en las zonas donde las oscilaciones diarias de la temperatura ambiente sean superiores a 20 °C. Estas juntas transversales de contracción sin pasadores, salvo justificación en contrario, se proyectarán sesgadas, con una inclinación respecto al eje de la calzada de 6:1, de forma que las ruedas de la izquierda de cada eje las atraviesen antes que las de la derecha.

Las juntas transversales de hormigonado, que se harán coincidir con el emplazamiento de una junta de contracción, irán siempre provistas de pasadores, siendo por ello perpendiculares al eje de la calzada. En pavimentos de hormigón armado continuo el diseño de estas juntas se realizará en la fase de proyecto.

Se proyectarán juntas transversales de dilatación ante estructuras o donde pudiera estar especialmente impedido el movimiento de las losas del pavimento. En estos casos en la fase de proyecto se estudiará el diseño específico de dichas juntas.

En las curvas con radio inferior a 200 m será preciso la realización de un estudio especial sobre la disposición de juntas transversales de contracción o de dilatación, con el fin de limitar las posibles tensiones que pudieran producirse por el efecto de las temperaturas. A falta de dicho estudio, en la mayoría de los casos podrá ser suficiente con la disposición de juntas de dilatación al comienzo y al final de la curva, manteniendo la longitud de las losas adoptada para el conjunto de la obra.

Respecto al sellado de las juntas transversales, tanto de contracción como de hormigonado, según la zona pluviométrica (figura 4.3.), se proyectará lo siguiente:

- Zonas pluviométricas lluviosas (zonas 1 y 2): Se proyectarán selladas como las juntas longitudinales.
- Zonas pluviométricas poco lluviosas (zonas 3 y 4): La junta podrá dejarse sin sellar.

9 .SECCIONES DE FIRME PARA NUEVA CONSTRUCCIÓN

Recomendaciones para el Diseño
de Secciones de Firme
Carreteras de Extremadura

9.1. Introducción

Para el diseño de una sección de firme, se utilizará de forma preferente el catálogo de secciones presentado en este capítulo y siguiendo lo explicado en el siguiente apartado.

En el caso de secciones con materiales no contemplados en dicho catálogo o modificaciones sobre una sección proyectada anteriormente, se podrán utilizar métodos de dimensionamiento analítico previa autorización del Servicio de Carreteras de la Junta de Extremadura. En tal caso, se seguirán las pautas indicadas en el Anejo A.

9.2. Catálogo de secciones de firme

Para la selección de la sección de firme se necesitará obtener previamente:

- La categoría de tráfico para la que se proyecta la sección;
- La categoría de explanada.

Con estos valores se podrá seleccionar una de las alternativas que se encuentran en el catálogo (fig. 9.1) según convenga al proyectista por motivos económicos, técnicos, etc. Cada una de las secciones del catálogo se identifica mediante un número que está compuesto por:

[Categoría de tráfico]+[Categoría de explanada]+[Tipo de sección]

Existen cuatro tipo de secciones que son las siguientes:

- 1: Mezclas bituminosas sobre capa granular.
- 2: Mezclas bituminosas sobre suelocemento.
- 3: Mezclas bituminosas sobre gravacemento y suelocemento.
- 4: Pavimento de hormigón.

CATEGORIA DE EXPLANADA		E2		E3			
E1							
T0				031	032	033	034
T1	121	122(0)	123	124(0)	131	132	134
T2	211	212	214	221	222(0)	223	224(0)
T31	3111	3112	3114	3121	3122	3124	3134
T32	3211	3212	3214	3221	3222	3224	3234
T41	4111	4112	4114	4121	4122	4124	4134
T42	4211	4212	4214	4221	4222	4224	4234

MEZCLAS BITUMINOSAS
 HORMIGON VIBRADO
 GRAMAZEMENTO
 ZANORIA ARTIFICIAL

SUELOCEMENTO
 HORMIGON MACRO VIBRADO

(1) Para las categorías de tráfico pesado T0 se emplearán pavimentos continuos de hormigón armado con los espesores especificados.
 (2) Copas tratadas con cemento que deberán sellarse con espesores de 3 o 4 cm. de acuerdo con el artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).
 (3) Para poder proyectar esta solución será preciso que la capa superior de la explanada E2 esté estabilizada con cemento.
 (4) Las mezclas bituminosas podrán ser proyectadas con mezclas bituminosas en caliente muy flexibles, gravasuladas selladas con un tratamiento superficial (riego con grava o lechada bituminosa) o mezclas bituminosas abiertas en frío selladas con un tratamiento superficial (riego con grava o lechada bituminosa).

Nota 1: Para las categorías de tráfico pesado T3 (T31 y T32) las copas tratadas con cemento deberán prefabricarse con espesores de 8 o 10 cm. de acuerdo con el artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).
 Nota 2: Para las categorías de tráfico pesado T42, cuando se trate de pavimentos de hormigón armado, se deberá disponer de un riego con grava bicipa como sustitución de los 5cm. de mezcla bituminosa.

Espesores mínimos en cm.

CATALOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LAS CATEGORIAS DE TRAFICO PESADO T0, T1, T2, T3 (T31 y T32) y T4 (T41 y T42), EN FUNCION DE LA CATEGORIA DE LA EXPLANADA

Figura 9.1. Catálogo de secciones de firme

9.3. Arcenes

Salvo justificación en contrario, el firme de los arcenes de anchura no superior a 1,5 m será, por razones constructivas, prolongación del firme de la calzada adyacente. Su ejecución será simultánea, sin junta longitudinal entre la calzada y el arcén.

En arcenes de anchura superior a 1,5 m, su firme dependerá de la categoría de tráfico pesado prevista para la calzada y de la sección adoptada en ésta; se evitará en lo posible la aparición de nuevas unidades de obra. Salvo justificación en contrario, se adoptará una de las soluciones que se indican en los apartados siguientes, que están previstas para unas solicitaciones del tráfico pesado acordes con las funciones propias de los arcenes.

En el caso de que se prevean solicitaciones especialmente intensas, será posible justificar secciones de mayor capacidad estructural, previa autorización del Servicio de Carreteras. En este supuesto se podrá llegar a disponer el mismo firme que en la calzada, aprovechando las ventajas constructivas y permitiendo además utilizar los arcenes como carriles adicionales en caso necesario. Esta posible solución se valorará especialmente en autopistas y autovías urbanas y periurbanas con intensidad de tráfico superior a veinticinco mil vehículos al día ($IMD > 25.000$ vehículos/día).

Para fijar los espesores de las capas del firme del arcén se tendrá en cuenta la distribución de capas del firme de la calzada, a fin de coordinar su construcción. Si a medio plazo fuera previsible ensanchar la calzada a costa del arcén, se procurará adoptar una solución con capas y espesores adaptados a dicha previsión. El espesor de cualquier capa se atenderá, en todo caso, a las limitaciones contenidas en el apartado 7.2.

Para las categorías de tráfico pesado T0 a T31 y en las vías de servicio no agrícolas de autopistas y autovías es preceptivo, por exigencias de seguridad de la circulación vial, que los arcenes dispongan de una capa de rodadura completa transversalmente y con la misma rasante que la calzada, de manera que no haya un escalón entre ambas superficies.

En el caso de que la calzada dispusiera de una capa o elemento inferior drenante o de separación, éstos se prolongarán bajo el arcén hasta conectar con un sistema de drenaje adecuado.

9.3.1. Categorías de tráfico pesado T0 a T1

9.3.1.1. Calzadas con pavimento de hormigón vibrado

Salvo justificación en contrario, en la categoría de tráfico pesado T0 el pavimento del arcén será de hormigón vibrado en masa, de idénticas características que el utilizado en la calzada. El pavimento del arcén irá atado al pavimento de la calzada mediante barras de unión de 12 mm de diámetro y 80 cm de longitud, situadas a la mitad del espesor, perpendiculares a la junta longitudinal y espaciadas 1 m. Salvo justificación en contrario, la textura superficial del arcén será transversal.

El pavimento de los arcenes de hormigón vibrado en masa tendrá un espesor mínimo de 15 cm, salvo en sus 50 cm interiores en los que su espesor deberá coincidir, en todo caso, con el correspondiente al de la calzada. Hasta alcanzar la explanada se dispondrá una zorra artificial drenante (artículo 510 del PG-3) o un suelocemento (artículo 513 del PG-3).

Para la categoría de tráfico pesado T1 los arcenes podrán pavimentarse con hormigón vibrado en masa o con mezcla bituminosa. Si se pavimenta con hormigón vibrado en masa se podrá utilizar una solución igual a la indicada en los párrafos anteriores para la categoría de tráfico pesado T0. Alternativamente, se podrá pavimentar el arcén con hormigón magro vibrado (artículo 551 del PG-3) de espesor uniforme, igual al del pavimento de la calzada, y atado a éste mediante barras de unión; hasta alcanzar la explanada se dispondrá una zorra artificial drenante o un suelocemento.

Si para la categoría de tráfico pesado T1 se dispone un pavimento de mezcla bituminosa en caliente, ésta será de 15 cm de espesor total, construida en dos capas; bajo ella, y hasta alcanzar la explanada, se dispondrá una zahorra artificial drenante. Alternativamente, la mezcla bituminosa en caliente podrá tener 10 cm de espesor total, disponiendo bajo ella, hasta alcanzar la explanada, un suelocemento (que deberá prefisurarse con espaciamentos comprendidos entre 3 y 4 m).

La junta entre el pavimento de la calzada y el del arcén deberá sellarse siempre.

9.3.1.2 Calzadas con pavimento de mezcla bituminosa en caliente

En todos los casos las capas de rodadura e intermedia del arcén serán prolongación de las dispuestas en la calzada y, por tanto, de idéntica naturaleza. Su espesor no bajará en ningún caso de 15 cm sobre zahorras artificiales y de 10 cm sobre capas tratadas con cemento.

Debajo del pavimento del arcén se podrá optar por disponer:

- Suelocemento, procurando enrasar con la cara inferior de las mezclas bituminosas de la calzada y en todo caso con el espesor mínimo indicado en las prescripciones técnicas particulares. Esta solución con suelocemento, que preceptivamente será prefisurado con espaciamentos comprendidos entre 3 y 4 m, será preferente cuando se emplee este tipo de material o gravacemento en la calzada. El resto del espesor, hasta alcanzar la explanada, se completará con zahorra artificial.

- Zahorra artificial drenante, procurando enrasar con la cara inferior de las mezclas bituminosas de la calzada y en todo caso con las limitaciones sobre espesores especificadas en las prescripciones particulares. El resto del espesor, hasta alcanzar la explanada, se completará con zahorra artificial.

Si se justifica por razones constructivas, y en el caso de que no se emplee en el firme de la calzada, en la categoría de tráfico pesado T1 el suelocemento podrá sustituirse por un suelo adecuado estabilizado in situ con cemento del tipo S-EST3 (artículo 512 del PG-3), con una resistencia a compresión simple a 7 días no inferior a 2,5 MPa.

9.3.2. Categorías de tráfico pesado T2 y T31

9.3.2.1. Calzadas con pavimento de hormigón vibrado

Se dispondrá un arcén formado por una capa de rodadura de mezcla bituminosa en caliente muy flexible de 5 cm de espesor; el resto, hasta llegar a la explanada, se completará con zahorra artificial drenante. Alternativamente, se podrá disponer bajo la mezcla bituminosa en caliente una capa de suelocemento prefisurado, con un espesor dentro de los límites indicados en las prescripciones particulares; el resto, hasta llegar a la explanada, se completará con zahorra artificial drenante.

La junta entre el pavimento de la calzada y el del arcén deberá sellarse siempre que el tramo esté incluido en la zona lluviosa de la figura 4.3.

9.3.2.2. Calzadas con pavimento de mezcla bituminosa en caliente

El pavimento del arcén constará de una capa de mezcla bituminosa con el mismo espesor que la capa de rodadura del firme de la calzada, salvo si ésta fuera drenante o discontinua en caliente, en cuyo caso el pavimento del arcén se constituirá con las mismas capas de rodadura e intermedia que el firme de la calzada, de forma que vayan enrasadas las capas intermedias.

Debajo del pavimento del arcén se dispondrá zahorra artificial hasta alcanzar la explanada; en todo caso las tongadas cumplirán las limitaciones de espesores contenidas en las prescripciones particulares. Alternativamente, se podrá disponer bajo el pavimento una capa de suelocemento prefisurado,

con un espesor dentro de los límites indicados en las prescripciones particulares; el resto, hasta llegar a la explanada, se completará con zahorra artificial.

9.3.3. Categorías de tráfico pesado T32 y T4 (T41 y T42)

El arcén, enrasado siempre con la calzada, podrá no estar pavimentado, o tener un pavimento constituido por un riego con gravilla. El firme del arcén estará constituido por zahorra artificial, procurando enrasar con una de las capas del firme de la calzada; y el resto, hasta la explanada, podrá ser de zahorra artificial o de suelo seleccionado. Si no se pavimentase se proyectarán arcenes con zahorras cuyos finos tengan un índice de plasticidad (IP) entre 6 y 10.

En vías de servicio no agrícolas de autopistas y autovías el arcén tendrá un pavimento constituido por un tratamiento superficial, el cual podrá no disponerse en los demás casos. La capa de base estará constituida por zahorra artificial, procurando enrasar con una de las capas del firme de la calzada; el resto, hasta llegar a la explanada, será de zahorra, o de suelo seleccionado con un CBR = 20.

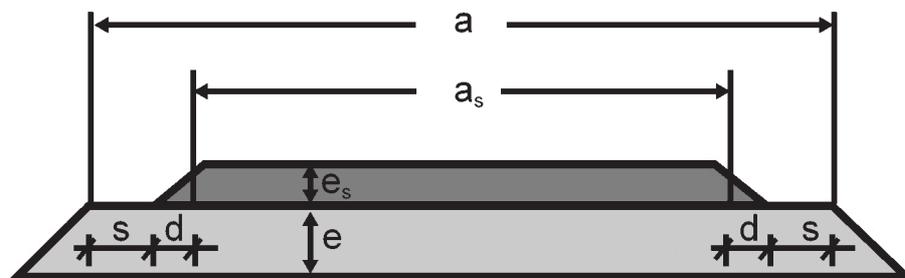
9.4. Aspectos constructivos

La anchura de la capa superior del pavimento de la calzada rebasará a la teórica al menos en 20 cm por cada borde. No obstante, en pavimentos de hormigón vibrado en los que el pavimento del arcén sea también de hormigón vibrado, podrá coincidir con la anchura teórica de la calzada.

Cada capa del firme tendrá una anchura (a) en su cara superior, igual a la de la capa inmediatamente superior (a_s) más la suma de los sobreamchos d y s indicados en la tabla 9.1 (fig. 9.2). El sobreamcho podrá aumentarse si existe necesidad de disponer de un apoyo para la extensión de la capa superior.

SOBREAMCHO	MATERIAL	VALOR (cm)
POR DERRAMES (d)	Pavimento de hormigón vibrado	0
	Hormigón magro vibrado	0
	Otros materiales	e _s
POR CRITERIOS CONSTRUCTIVOS (s)	Mezclas bituminosas	5
	Materiales tratados con cemento	6 a 10
	Hormigón magro vibrado	20
	Capas granulares	10 a 15

Tabla 9.1. Valores de los sobreamchos.



$$a = a_s + 2d + 2s$$

Tabla 9.2. Sobreamchos.

En la categoría de tráfico pesado T0, se podrán considerar dimensionamientos distintos entre carriles de una misma calzada, donde haya dos o más carriles para un sentido de circulación, con las siguientes prescripciones:

- La máxima diferencia de categoría de tráfico pesado entre carriles será de una.
- La categoría de explanada será la misma.
- La numeración de las secciones deberá terminar en la misma cifra.
- La variación de espesor se proyectará de acuerdo a los siguientes criterios:
 - La variación de espesor se efectuará en una sola de las capas.
 - No se modificará el número total de capas.
 - Se cumplirán las limitaciones de espesor contenidas en esta norma.
 - En caso de existir capas distintas a la que produzca la variación de espesor con diferente espesor en las secciones posibles de la figura 9.1., se adoptará como espesor de capa el mayor de ellas.
 - Las variaciones de espesor serán transversalmente lineales, debiendo mantenerse los espesores mínimos correspondientes al Catálogo de secciones de firme (figura 9.3.) en el borde interno de cada carril.

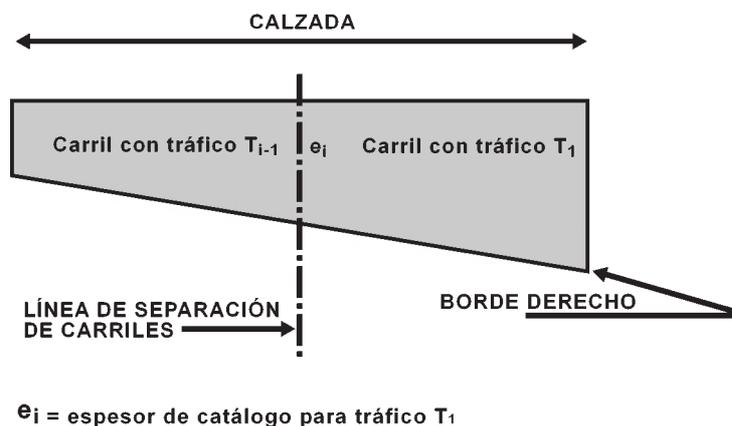


Figura 9.3. Variación transversal de espesor.

10. REHABILITACIÓN DE FIRMES MEDIANTE RECRECIMIENTO

Recomendaciones para el Diseño
y Rehabilitación de Secciones de Firme
en la Red de Carreteras de Extremadura

10.1. Introducción

10.1.1. Tipo de sección considerada

En estas recomendaciones se especifica una propuesta de espesores de recrecimiento en la que se han tenido en cuenta los siguientes tipos de secciones:

- Flexibles.
- Semiflexibles.
- Semirrígidas.

10.1.2. Tráficos considerados

Para el caso poco común de tráfico T0 se realizará un estudio especial para justificar la solución. Para el resto de categorías de tráfico sí se han incluido los espesores de recrecimiento recomendados.

Siguiendo la clasificación de tráfico establecida en el correspondiente capítulo de las recomendaciones, se han dividido las categorías de tráfico T3 y T4 en subcategorías denominadas T31, T32, T41 y T42.

10.1.3. Materiales utilizados para el recrecimiento

Para simplificar el proceso de cálculo se han eliminado soluciones con materiales alternativos (gravaemulsión, suelocemento, hormigón en masa, mezclas bituminosas en frío, zavorra artificial). De esta forma se homogeneizan las soluciones de recrecimiento adoptadas por los proyectistas. La propuesta de secciones de recrecimiento que utilicen materiales alternativos se podrá aprobar siempre que venga acompañada de un estudio técnico justificativo.

Para tráfico T42 se ha considerado conveniente disponer un mínimo de 5 cm de mezcla bituminosa y no utilizar tratamientos superficiales.

10.2. Factores de dimensionamiento

10.2.1. Tipo de firme existente

Se clasificará el firme existente según la tipología en:

- Flexible: espesor = 15 cm de mezcla bituminosa sobre material granular.
- Semiflexible: espesor > 15 cm de mezcla bituminosa sobre material granular.
- Semirrígido: mezcla bituminosa sobre materiales tratados con cemento.

10.2.2. Tráfico pesado

Se establecerá la categoría de tráfico pesado a partir de la IMD de pesados de acuerdo a lo indicado en la tabla 5.1.

10.2.3. Deflexión de cálculo

A los efectos de definir la necesidad de rehabilitación estructural de un firme con pavimento bituminoso y sus características, así como para calcular los espesores de reposición y recrecimiento, se considerará como deflexión patrón normalizada la que se obtenga con la viga Benkelman, según el método de recuperación elástica de la superficie del firme (norma MLT-356), y en las condiciones siguientes:



- Eje de 128 kN (13 t).
- Temperatura en la superficie del pavimento de 20 °C.
- Valor mínimo del módulo de deformación de la explanada (dentro del campo de variación debida a los cambios de humedad en ella).

Cuando se empleen equipos distintos para medir la deflexión, la obtenida se relacionará con la normalizada de acuerdo con lo que se indica en el apartado 2.4. del "Estudio de deflexiones" que acompaña como anejo F a estas recomendaciones.

La distancia máxima entre dos medidas puntuales consecutivas de la deflexión no podrá ser superior a 20 m.

Para obtener los valores puntuales de la deflexión patrón, a cada medida se le aplicarán los correspondientes coeficientes de corrección por humedad de la explanada y por temperatura (apartados 2.5. y 2.6 del anejo F).

En cualquier caso, para que la medida de la deflexión sea válida y aplicable a las soluciones de rehabilitación estructural, los ensayos se realizarán siempre que la temperatura de la superficie del pavimento esté comprendida entre los siguientes límites:

- De 5 °C a 30 °C, si el pavimento tiene 10 cm o más de mezcla bituminosa.
- De 5 °C a 40 °C, si el pavimento tiene menos de 10 cm de mezcla bituminosa.

Además de los valores puntuales de la deflexión patrón se utilizará, como indicador del estado del firme, el valor de la deflexión de cálculo de cada tramo homogéneo de comportamiento uniforme, según las condiciones de homogeneidad establecidas en el mencionado anejo. A partir de la deflexión característica (d_k) de cada tramo homogéneo, definida en el apartado 2.3 del anejo, y aplicando los correspondientes coeficientes de corrección por humedad de la explanada (apartado 2.5 del anejo) y por temperatura (apartado 2.6 del anejo), se obtendrá la deflexión de cálculo (d_c):

$$D_c = C_h \cdot C_t \cdot d_k$$

Por otra parte, los valores de la deflexión empleados en la redacción del proyecto de rehabilitación de un firme deberán haber sido tomados en un período reciente y, en ningún caso, más de 1 año antes.

10.3. Propuesta de espesores de recrecimiento

En las siguiente tablas y gráficos se presenta la propuesta de espesores.

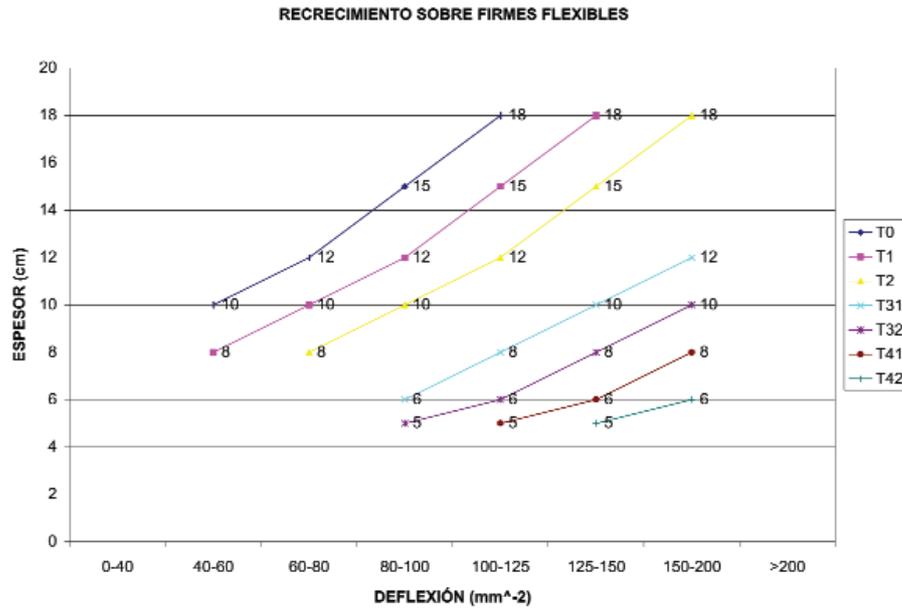


Figura 10.1. Espesores de recrecimiento de firmes flexibles.

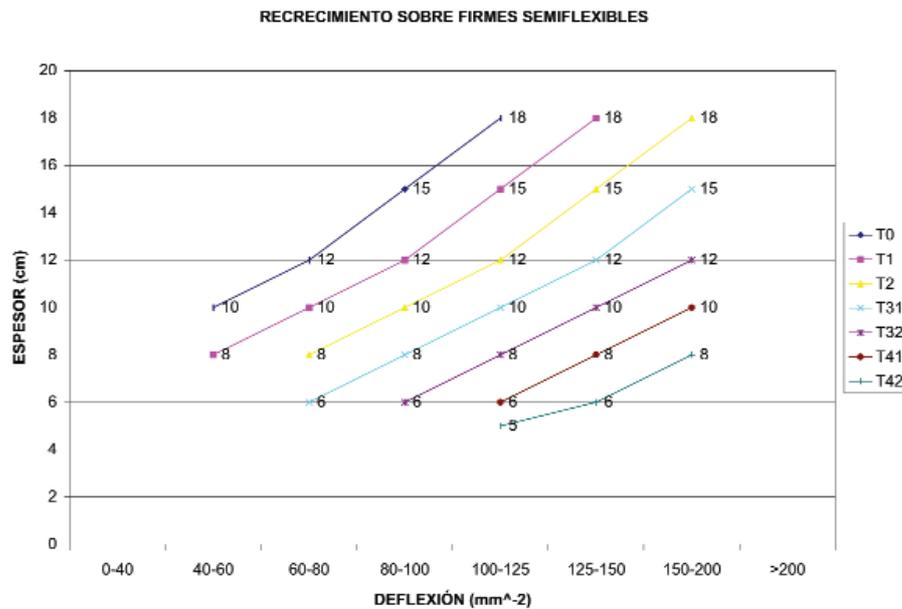


Figura 10.2. Espesores de recrecimiento de firmes semiflexibles.

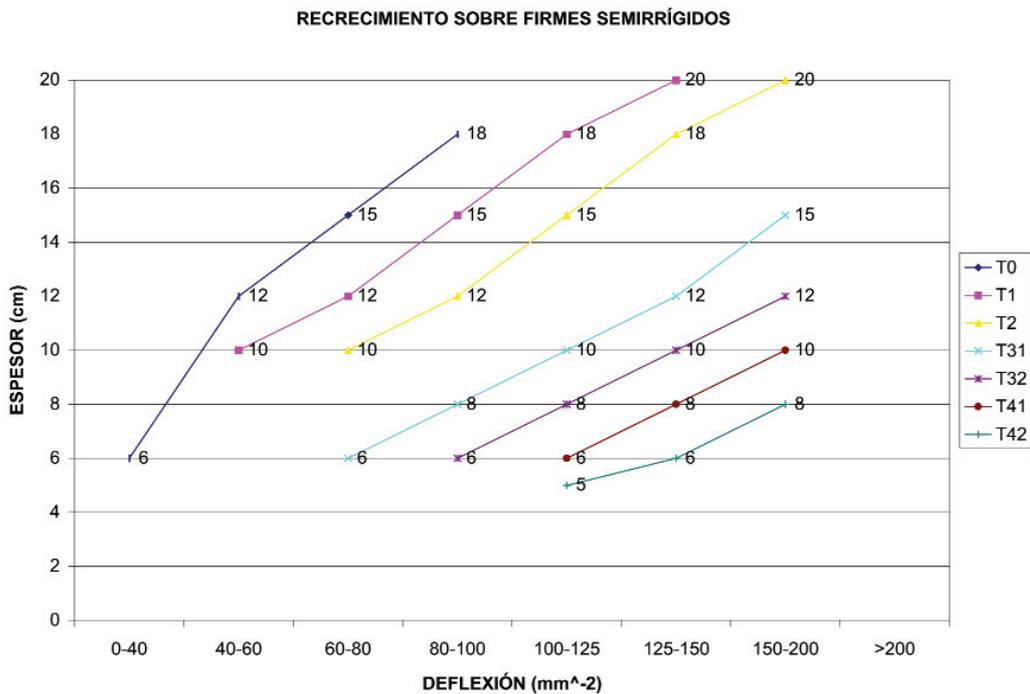


Figura 10.3. Espesores de recrecimiento de firmes semirrígidos.

En determinados casos será necesario ejecutar previamente un fresado total o parcial. Esto ocurre en situaciones en las que no se actúe sobre todos los carriles de la carretera o en las que existan aspectos funcionales que se deban tener en cuenta (gálibos en túneles o estructuras, bordillos en travesías, etc).

Además de cumplir los espesores de recrecimiento indicados en los gráficos anteriores, se deberá cumplir que el espesor mínimo de mezcla bituminosa nueva será el indicado en la siguiente tabla. A efectos de calcular el espesor de mezcla bituminosa existente, no se tendrán en cuenta las capas de mezcla bituminosa afectadas por cuarteos. Se podrán tener en cuenta las capas que no presenten agrietamiento multiplicando su espesor por un coeficiente de 0,75.

	Espesor (cm)						
	T0	T1	T2	T31	T32	T41	T42
Base y subbase granular	30	25	20	16	15	10	5
Base o subbase de suelocemento	20*	20	15	12	10	8	5
Base de gravacemento y subbase de suelocemento	18**	18	15	12	10	8	5

* Se realizará un estudio especial siempre que el espesor de la capa existente de suelocemento sea inferior a 25 cm para T0 y 20 cm para el resto.

** Se realizará un estudio especial siempre que el espesor de la base de gravacemento sea inferior a 22 cm o cuando el espesor de subbase de suelocemento sea inferior a 20 cm.

Tabla 10.1. Espesores mínimos de mezcla bituminosa nueva.

ANEJO A: JUSTIFICACIÓN ANALÍTICA DE SECCIONES DE FIRME

Recomendaciones para el Diseño
de Secciones de Firme
Carreteras de Extremadura



A.1. Introducción

El presente anejo tiene por objeto el reforzar los procedimientos a seguir en los trabajos de diseño de firmes en los que se empleen métodos de dimensionamiento analíticos.

El procedimiento a seguir para la determinación de la sección de firme es el siguiente:

1. Obtención del número de ejes equivalentes teniendo en cuenta el período de proyecto considerado y la probable evolución del crecimiento de tráfico.
2. Caracterización de la explanada o cimiento del firme con las catas, sondeos y ensayos necesarios.
3. Diseño del paquete de firme y obtención del número de ejes que puede soportar la sección de acuerdo con el modelo de cálculo propuesto.

En la justificación analítica de un firme se debe incluir:

- Características mecánicas de los materiales del firme o de la explanada (módulo de Young y coeficiente de Poisson).
- Criterios de fallo de las distintas capas de firme y de la explanada.
- Leyes de fatiga utilizadas para la determinación del número de ejes equivalentes.
- El coeficiente de seguridad obtenido y el número de ejes equivalentes que es capaz de resistir la sección considerada.

En este Anejo se detalla el modelo de cálculo propuesto. El programa de cálculo utilizado para la determinación del número de ejes equivalentes en principio es irrelevante (el modelo utilizado es siempre el mismo, sistema multicapa de Burmister sobre macizo semi-indefinido de Bousinesq), pudiéndose utilizar cualquiera de los existentes en el mercado (Alinee III, Caracol, Kenlayer, etc...).

Antes de la aprobación por parte del Director del Proyecto del firme se ha de contactar con el Servicio de Carreteras, enviando dos posibles firmes justificados conforme a lo indicado en este Anejo.

A.2. Modelo de cálculo propuesto

Para el cálculo de la estructura de firme con pavimento bituminoso se utilizará el siguiente modelo matemático que permite obtener respuestas en tensiones y deformaciones en las capas del firme sometidas a las sollicitaciones fijadas.

El modelo de respuesta será el multicapa de Burmister que se basa en las siguientes hipótesis:

- El firme está formado por capas horizontales, paralelas entre sí, de espesor constante, indefinidas en su plano, y apoyadas en un macizo semiinfinito homogéneo (la explanada).
- Cada capa y el macizo semiinfinito son un medio elástico lineal, homogéneo, isótropo y continuo. Se caracterizan mecánicamente por su módulo de Young (E) y su coeficiente de Poisson (ν).
- Existe un apoyo continuo entre capas con adherencia total, parcial o nula (tabla A.1). Los resultados con adherencia parcial serán la media de las tensiones y deformaciones obtenidas con adherencia total y sin adherencia.

Adherencia total

Mezcla bituminosa / mezcla bituminosa
Mezcla bituminosa / suelocemento
Mezcla bituminosa / gravacemento
Mezcla bituminosa / hormigón compactado
Mezcla bituminosa / hormigón vibrado en base
Suelo estabilizado / suelo estabilizado
Suelo estabilizado / terreno natural
Material granular en subbase o base / explanada

Adherencia nula

Mezcla bituminosa / material granular en subbase o base
Mezcla bituminosa / explanada
Hormigón en base / suelo estabilizado
Macadam bituminoso / material granular en subbase o base

Adherencia parcial o a estudiar

Suelocemento / suelo estabilizado
Gravacemento / suelocemento
Hormigón compactado / suelocemento

Tabla A.1. Modelización de la interfaz

- Las fuerzas de inercia y los efectos térmicos son despreciables.
- Las deformaciones son suficientemente pequeñas como para no alterar las hipótesis anteriores.
- No se considera el peso propio del firme.

A.3. Tráfico

El tráfico se caracterizará mediante el número de ejes equivalentes de 13 t obtenidos según lo indicado en estas recomendaciones. Se aplicará la siguiente expresión:

$$N^{\circ} \text{ ejes equivalentes 13 t} = \text{IMDp} \cdot \text{CE} \cdot 365 \cdot F \cdot \gamma$$

donde

IMDp = intensidad media diaria de vehículos pesados

CE = coeficiente de equivalencia entre vehículos pesados y ejes de 13 t

F = factor de crecimiento del tráfico

γ = coeficiente de seguridad



En caso de no disponer de información suficiente se recomienda adoptar un coeficiente de equivalencia $CE = 0,54$ para firmes con pavimento bituminoso.

El factor de crecimiento del tráfico de vehículos pesados, F_r , se tomará constante o variable en función de la información disponible, en el caso de optar por una tasa constante el factor de crecimiento se puede obtener con la siguiente expresión:

$$F_r = \frac{[(1+r)^n - 1]}{r}$$

El número de años de cálculo será de 20 años y la tasa de crecimiento, cuando no existan datos, se considerará constante y de valor igual al 4%.

Se adoptará un coeficiente de seguridad en cargas, γ , aplicando los criterios indicados en la tabla A.2.

Tráfico	γ
Con estudio de distribución de cargas	1
Sin estudio de distribución de cargas	1,6

Tabla A.2. Coeficiente de seguridad.

A.4. Explanada

Las mínimas explanadas a utilizar serán las definidas en estas recomendaciones. A los solos efectos de cálculo la explanada se sustituirá por un macizo semi-indefinido con módulo de Young equivalente igual al indicado en la tabla A.3.

Explanada	E (MPa)
E-1	60
E-2	120
E-3	300

Tabla A.3. Módulo de explanada.

Este valor de E es coherente con lo expuesto en el artículo 330.6.5.1. del PG-3.

El coeficiente de Poisson será de 0,40.

Esta hipótesis se debe de comprobar en obra, realizando pruebas de carga de la explanada terminada y obteniendo el módulo de deformación real. El ensayo de carga con placa será el definido por la Norma MLT-357/98 de "Ensayo de carga con placa".

También se podrá utilizar como módulo de explanada, el obtenido mediante el deflectómetro de impacto. A partir de la deflexión central se obtendrá el módulo equivalente de Young que para $\nu = 0,4$ y una carga de 50 kN viene dado por la fórmula:

Siendo s la deflexión en 10^{-2} ·mm y E el módulo de Young de la explanada en MPa.

Igualmente en los casos de rehabilitación de firmes, el firme antiguo se podrá considerar como un macizo semi-indefinido con un módulo equivalente obtenido con la anterior fórmula.

$$E = \frac{34.540}{s}$$

A.5. Capas de firme.

Las distintas capas de firme se caracterizarán mediante su módulo de Young y su coeficiente de Poisson. Se recomienda, salvo justificación en contrario, utilizar los valores indicados a continuación. Se deberá justificar igualmente la utilización de materiales no incluidos en el catálogo de secciones de estas recomendaciones.

A.5.1. Suelos y capas granulares

El módulo de Young de los suelos y capas granulares depende del módulo de la capa inferior, por ello se adoptará como un valor función del módulo de la capa o tongada subyacente según la expresión:

$$E_1 = c \cdot E_{sub\ i-1}$$

Donde el coeficiente de proporcionalidad c tendrá el valor dado por la fórmula de Dorman y Metcalf:

$$c = 0,205 \cdot h^{0,45}$$

En la que h es el espesor de la capa considerada en mm.

No obstante, el valor de c no sobrepasará el valor dado en la tabla A.4.

Material de la capa o tongada "i"	Coefficiente de proporcionalidad (c)
Suelos S0, S1, S2	2
Suelos S3 y Zahorra con <50% part. fract.	2,5
Zahorra con >50% de part. Fract.	3

Tabla A.4.

Los valores máximos obtenidos de los módulos de Young no superarán los de la tabla A.5.

Material	Módulo de Young (MPa)*
Suelo tipo S0	10·CBR ó 50
Suelo tipo S1	10·CBR ó 100
Suelo tipo S2	10·CBR ó 200
Suelo tipo S3	10·CBR ó 300
Zahorra con menos del 50% de partículas fracturadas	10·CBR ó 600
Zahorra con más del 50% de partículas fracturadas	900
Macadam	1.000

* Se tomará el menor valor.

Tabla A.5. Módulos de materiales.

El coeficiente de Poisson será en todo caso de 0,35.

A.5.2. Suelos estabilizados

Material	E (MPa)	V
S-EST 1	60	0,35
S-EST 2	120	0,35
S-EST 3	200	0,25

Tabla A.6. Módulos de suelos estabilizados

A.5.3. Materiales tratados con cemento

Material	E (MPa)	V
Suelocemento	400 - 1.500*	0,25
Gravacemento	1.000 - 4.000 - 8.000**	0,25

* Se utilizará el módulo de 1.500 MPa en las secciones con un mínimo de 15 cm de espesor de mezcla bituminosa. En el resto se tomará 400 MPa.

** Se utilizará el módulo de 8.000 MPa cuando la subbase sea de suelocemento. Si la subbase es granular o si la gravacemento apoya directamente sobre la explanada, se tomará 4.000 MPa para espesores de mezcla bituminosa iguales o mayores de 15 cm y 1.000 MPa para espesores de mezcla bituminosa inferiores a 15 cm.

Tabla A.7. Módulos de materiales tratados con cemento

A.5.4. Mezclas bituminosas

Material	E (MPa)	V
Densas y semidensas	6.000	0,33
Gruesas	5.000	0,33
Drenantes y abiertas	4.000	0,35
Discontinua en capa fina	4.000	0,35
Abiertas en frío	1.500	0,35
Alto módulo	12.000	0,3

Tabla A.8. Módulos de mezclas bituminosas

Cualquier otro tipo de material que no se encuentre entre los anteriores y se vaya a incluir en los cálculos, deberá ir acompañado del estudio técnico que justifique los módulos de elasticidad propuestos y que sea aprobado por el Servicio de Carreteras de la Dirección General de Infraestructura de la Junta de Extremadura.

A.6. CARGAS A APLICAR AL MODELO.

- Rueda gemela doble (Presión = 0,9 Mpa; radio de huella = 10,72 cm; distancia entre centros de ruedas gemelas = 32,16 cm)
- Rueda simple (Presión = 0,9 Mpa; radio de huella = 10,72 cm).

Los resultados se obtendrán en tres puntos:

- Bajo la rueda simple.
- Bajo una rueda doble.
- En el punto medio de la rueda doble.

Se considerará en cada situación el valor más desfavorable de los tres anteriores.

A.7. PARÁMETROS CRÍTICOS PARA EL ANÁLISIS DE RESULTADO.

- Explanada: Máxima deformación vertical en cara superior.
- Capas granulares: Máxima deformación vertical en cara superior.
- Mezcla bituminosa: Máxima deformación horizontal en su fibra inferior.
- Capa tratada con conglomerantes hidráulicos: Máxima tensión horizontal de tracción en su fibra inferior.

A.8. LEYES DE FATIGA.

- Leyes de fatiga de explanada, capas granulares y suelos estabilizados

$$\xi_v = 2,160 \cdot 10^{-2} \cdot N^{-0,28}$$

donde

ξ_v = deformación vertical de compresión

N = número de ciclos de carga admisibles

- Leyes de fatiga para capas tratadas con conglomerantes hidráulicos.

Suelocemento $\sigma_r = R_F \cdot (1 - 0,08 \cdot \log N)$

Gravacemento $\sigma_r = R_F \cdot (1 - 0,065 \cdot \log N)$

donde

σ_r = tensión radial de tracción (MPa)

R_F = resistencia a flexotracción definitiva (MPa)

N = número de ciclos de carga admisibles

En ausencia de datos sobre resistencia a flexotracción se tomará un quinto de la resistencia a compresión exigida a 7 días.

- Leyes de fatiga para mezclas bituminosas

$$\xi_r = 6,925 \cdot 10^{-3} \cdot N^{-0,27243}$$

La utilización de algún material que no se encuentre entre los anteriores deberá venir acompañada de una justificación técnica de la ley de fatiga utilizada y deberá ser aprobada previamente por el Servicio de Carreteras de la Dirección General de Infraestructura.

A.9. SECCIONES TIPO

Aunque el método propuesto valdría para cualquier firme con pavimento bituminoso se adjuntan una serie de secciones avaladas por la experiencia a nivel tanto regional como nacional (tabla A.9).

MBC	MBC	MBC	MBC	MBC
G.C.	Z.A.	GEA	S.C.	
S.C.				

MBC: mezcla bituminosa convencional; **GC:** gravacemento; **SC:** suelocemento; **ZA:** zahorra artificial; **GEA:** gravaemulsión.

Tabla A.9. Tipos de secciones.

ANEJO B: CONTROL DE CALIDAD

Recomendaciones para el Diseño y Rehabilitación de Secciones de Firme en la Red de Carreteras de Extremadura

ÍNDICE DE MATERIALES

- Ligantes bituminosos
- Terraplenes
- Zahorras
- Suelos estabilizados y gravas tratadas
- Riegos bituminosos
- Mezclas bituminosas
- Pavimentos de hormigón

CONTROL DE CALIDAD							
LIGANTES BITUMINOSOS							
ACTIVIDADES		ARTICULO 211 BETUNES ASFALTICOS	ARTICULO 212 BETUNES FLUIDIFICADOS PARA RIEGOS IMPRIMACION	ARTICULO 213 EMULSIONES BITUMINOSAS	ARTICULO 214 BETUNES FLUXADOS	ARTICULO 215 BETUNES ASFALTICOS MODIFICADOS POLIMEROS	ARTICULO 216 EMULSIONES BITUMINOSAS MODIFICADAS POLIMEROS
1	CONTROL DE RECEPCION						
1.1	Suministro en sistemas						
1.2	Suministro en bidones						
			PLAN 2		PLAN 1		
2	CONTROL A FABRICACION EN OBRA					PLAN 3	
3	CONTROL A LA ENTRADA DEL MEZCLADOR	PLAN 4				PLAN 4	
4	CONTROL AL MOMENTO DEL EMPLEO						PLAN 5
5	CONTROL ADICIONAL						
			PLAN 6	PLAN 7	PLAN 6	PLAN 7	

CONTROL DE CALIDAD	
LIGANTES BITUMINOSOS	
P L A N E S	
ACTIVIDADES	ENSAYOS
PLAN 1	
CONTROL DE RECEPCION PARA SUMINISTRO EN CISTERNAS	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ De cada cisterna de ligante bituminoso que llegue a la obra, se tomarán dos muestras de, al menos, 1 kg, según NLT-121, en el momento de trasvasar el material al tanque de almacenamiento. Para el art. 213, las muestras serán de 2 kg. ➤ Dependiendo del tipo de ligante bituminoso, de una de las muestras se realizarán los ensayos indicados: <ul style="list-style-type: none"> • Betunes asfálticos, (art. 211) • Betunes fluidificados, (art. 212) • Emulsiones bituminosas, (art. 213) • Betunes fluxados, (art. 214) • Betunes modificados, (art. 215) • Emulsiones modificadas, (art. 216) 	<p>1</p> <p>3,4,15</p> <p>5,6,7,10</p> <p>4,9,15</p> <p>1,2,11</p> <p>8 y: 1,2,11</p>
<ul style="list-style-type: none"> ➤ La otra muestra se conservará así: <ul style="list-style-type: none"> • Hasta el final del periodo de garantía: para los artículos 211, 212, 214 y 215. • Al menos 15 días, para los artículos 213 y 216. 	
PLAN 2	
CONTROL DE RECEPCION PARA SUMINISTRO EN BIDONES	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Este plan aplica para: <ul style="list-style-type: none"> • Betunes fluidificados, (art. 212) • Emulsiones bituminosas, (art. 213) ➤ De cada remesa de bidones de betún fluidificado que llegue a la obra, se seleccionará al azar uno, del cual se tomarán 2 muestras, según NLT-121. Para el art. 212 cada muestra será de 1 kg; para el art. 213 serán de 2 kg cada una. ➤ De una de las muestras se realizarán ensayos indicados. <ul style="list-style-type: none"> • Betunes fluidificados, (art. 212) • Emulsiones bituminosas, (art. 213) 	<p>3,4,15</p> <p>5,6,7,10</p>
<ul style="list-style-type: none"> ➤ La otra muestra se conservará hasta el final del periodo de garantía para el art. 212 y al menos 15 días para el art. 213. 	
PLAN 3	
CONTROL A FABRICACION EN OBRA	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ En betunes asfálticos modificados con polímeros en el lugar de empleo, se tomarán 2 muestras cada 50 t de producto fabricado y al menos 2 cada jornada de trabajo. 	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sobre una muestra se realizarán los ensayos indicados. 	1,2,11
<ul style="list-style-type: none"> ➤ La otra muestra se conservará hasta el final del periodo de garantía. 	

CONTROL DE CALIDAD																							
LIGANTES BITUMINOSOS																							
P L A N E S																							
ACTIVIDADES	ENSAYOS																						
<p>PLAN 4 CONTROL A LA ENTRADA DEL MEZCLADOR</p> <p>➔ Este plan aplica para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betunes asfálticos, (art. 211) • Betunes modificados, (art. 215) <p>➔ Se considera como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, según apartados 211.5.4 y 215.5.4, respectivamente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 100 toneladas, ó • Fracción diaria de betún asfáltico ó betún asfáltico modificado con polímeros, respectivamente. <p>➔ De cada lote se tomarán 2 muestras, de 1 kg cada una, NLT-121.</p> <p>➔ Con una muestra se realizarán los ensayos indicados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betunes asfálticos, (art. 211) • Betunes modificados, (art. 215) 	<p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">1,2,11</p>																						
<p>➔ La otra se conservará hasta el final de periodo de garantía.</p>																							
<p>PLAN 5 CONTROL EN EL MOMENTO DEL EMPLEO</p> <p>➔ De cada lote se tomará 2 muestras, NLT-121; cada una tendrá el tamaño indicado en la siguiente tabla, según el artículo.</p> <p>➔ Con una muestra se realizarán los ensayos indicados.</p> <p>➔ La otra muestra se conservará así:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hasta el final del periodo de garantía: para los artículos 212 y 214. • Al menos 15 días, para los artículos 213 y 216. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ARTICULO</th> <th rowspan="2">TAMAÑO DE LOTE</th> <th colspan="2">MUESTRAS</th> </tr> <tr> <th>Nº</th> <th>tamaño (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>• Betunes fluidificados, (art. 212)</td> <td>25 t ó FD (*)</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>• Emulsiones bituminosas, (art. 213)</td> <td>30 t ó FD (*), (**)</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>• Betunes fluxados, (art. 214)</td> <td>25 t ó FD (*)</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>• Emulsiones modificadas, (art. 216)</td> <td>30 t ó FD (*), (**)</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>(*): FD= Fracción diaria.</p> <p>(**): Exepto en emulsiones empleadas en riegos de adherencia, imprimación y curado, en cuyo caso se considerará como lote la fracción semanal.</p>	ARTICULO	TAMAÑO DE LOTE	MUESTRAS		Nº	tamaño (kg)	• Betunes fluidificados, (art. 212)	25 t ó FD (*)	2	1	• Emulsiones bituminosas, (art. 213)	30 t ó FD (*), (**)	2	2	• Betunes fluxados, (art. 214)	25 t ó FD (*)	2	1	• Emulsiones modificadas, (art. 216)	30 t ó FD (*), (**)	2	1	<p style="text-align: center;">3,4,15</p> <p style="text-align: center;">5,6,7,10</p> <p style="text-align: center;">4,9,15</p> <p style="text-align: center;">8 y: 1,2,11</p>
ARTICULO			TAMAÑO DE LOTE	MUESTRAS																			
	Nº	tamaño (kg)																					
• Betunes fluidificados, (art. 212)	25 t ó FD (*)	2	1																				
• Emulsiones bituminosas, (art. 213)	30 t ó FD (*), (**)	2	2																				
• Betunes fluxados, (art. 214)	25 t ó FD (*)	2	1																				
• Emulsiones modificadas, (art. 216)	30 t ó FD (*), (**)	2	1																				

CONTROL DE CALIDAD	
LIGANTES BITUMINOSOS	
P L A N E S	
ACTIVIDADES	ENSAYOS
<p>PLAN 6 CONTROL ADICIONAL</p> <p>➔ Este plan aplica para los siguientes artículos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betunes asfálticos, (art. 211) • Betunes fluidificados, (art. 212) • Betunes fluxados, (art. 214) <p>➔ Una vez cada mes y como mínimo 3 veces durante la ejecución de la obra, para cada tipo y composición del respectivo betún asfáltico, y cuando lo indique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se realizarán los ensayos indicados en los apartados 211.2, 212.2 y 214.2, respectivamente.</p>	
<p>➔ Para los artículos 212 y 214, se realizará el ensayo de punto de inflamación, siempre que sea previsible que la temperatura ambiente pueda alcanzar el valor de dicho punto.</p>	12
<p>➔ No se repetirán los ensayos, para los betunes que presenten hojas de ensayos de laboratorios que cumplan alguna de las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dependiente del Ministerio de Fomento • Acreditado por el Ministerio de Fomento • Acreditado por otro laboratorio de ensayos u organismo de control o certificación acreditado por un estado miembro de la Comunidad Europea o que sea parte del Acuerdo Económico Europeo. <p>➔ No obstante la presentación de dicha hoja de ensayos, ineludiblemente se deben realizar los ensayos indicados a continuación para capítulo.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Betunes asfálticos, (art. 211) 	1, 13, 14
<ul style="list-style-type: none"> • Betunes fluidificados, (art. 212) 	3,4,12,15
<ul style="list-style-type: none"> • Betunes fluxados, (art. 214) 	4,9,15
<p>PLAN 7 CONTROL ADICIONAL</p> <p>➔ Este plan aplica para los siguientes artículos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emulsiones bituminosas, (art. 213) • Betunes modificados, (art. 215) • Emulsiones modificadas, (art. 216) <p>➔ Una vez cada mes y como mínimo 3 veces durante la ejecución de la obra, para cada tipo y composición del respectivo ligante bituminoso, y cuando lo indique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se realizarán los ensayos indicados en los apartados 213.2, 215.2 y 216.2, respectivamente.</p>	

CONTROL DE CALIDAD	
LIGANTES BITUMINOSOS	
P L A N E S	
ACTIVIDADES	ENSAYOS
<i>PLAN 7, continuación.</i>	
<ul style="list-style-type: none"> ➔ Si el ligante bituminoso ha sido almacenado en condiciones atmosféricas normales, durante un plazo superior a 15 días, antes de emplearlo, se realizarán, como mínimo sobre 2 muestras (parte superior e inferior del depósito), los ensayos indicados a continuación. <ul style="list-style-type: none"> • Emulsiones bituminosas, (art. 213) • Betunes modificados, (art. 215) • Emulsiones modificadas, (art. 216) 	<p>7, 16</p> <p>1, 2</p> <p>7, 16</p>
<ul style="list-style-type: none"> ➔ Si no cumpliera lo establecido para estas características, se procederá a su homogeneización y realización de nuevos ensayos o a su retirada. ➔ En condiciones atmosféricas desfavorables o de obra anormales, el Director de las Obras podrá disminuir el plazo de quince (15) días, para la comprobación de las condiciones de almacenamiento. ➔ No se repetirán los ensayos, para los ligantes bituminosos que presenten hojas de ensayos de laboratorios que cumplan alguna de las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Dependiente del Ministerio de Fomento • Acreditado por el Ministerio de Fomento • Acreditado por otro laboratorio de ensayos u organismo de control o certificación acreditado por un estado miembro de la Comunidad Europea o que sea parte del Acuerdo Económico Europeo. ➔ No obstante la presentación de dicha hoja de ensayos, ineludiblemente se deben realizar los ensayos indicados a continuación para capítulo. <ul style="list-style-type: none"> • Emulsiones bituminosas, (art. 213) • Betunes modificados, (art. 215) • Emulsiones modificadas, (art. 216) 	<p>5,6,7,10</p> <p>1,2,11</p> <p>1,2,11</p>

CONTROL DE CALIDAD	
LIGANTES BITUMINOSOS	
ENSAYOS	NUMERO DE REFERENCIA
Penetración de los materiales bituminosos.NLT-124	1
Punto de reblandecimiento anillo y bola de los materiales bituminosos.NLT-125	2
Viscosidad Saybolt de los materiales bituminosos.NLT-133	3
Destilación de betunes fluidificados.NLT-134	4
Agua en las emulsiones bituminosas.NLT-137	5
Viscosidad Saybolt de las emulsiones bituminosas.NLT-138	6
Tamizado de las emulsiones bituminosas.NLT-142	7
Residuo por evaporación a 163 °C de las emulsiones bituminosas.NLT-147	8
Viscosidad STV.NLT-187	9
Carga de las partículas de las emulsiones bituminosas.NLT-194	10
Recuperación elástica por torsión de betunes asfálticos modificados.NLT-329	11
Puntos de inflamación y combustión de los materiales bituminosos (aparato Tagliabue, vaso abierto).NLT-136	12
Índice de penetración de los betunes asfálticos.NLT-181	13
Punto de fragilidad Fraass de los materiales bituminosos.NLT-182	14
Penetración sobre el residuo de destilación. NLT-124.	15
Residuo por destilación de las emulsiones bituminosas.NLT-139	16

CONTROL DE CALIDAD				
RIEGOS BITUMINOSOS				
ACTIVIDADES	ARTICULO 530 RIEGOS DE IMPRIMACIÓN	ARTICULO 531 RIEGOS DE ADHERENCIA	ARTICULO 532 RIEGOS DE CURADO	ARTICULO 533 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES CON GRAVILLA
1. PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES				
1.1 Procedencia del ligante hidrocarbonado	Apartado 212.4, ó (*) Apartado 213.4	Apartado 213.4, ó (*) Apartado 216.4	Apartado 213.4	PLAN 3
1.2 Procedencia de los áridos	PLAN 1		PLAN 1	
2. CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES				
2.1 Control de calidad del ligante hidrocarbonado	Apartado 212.5 ó (*) Apartado 213.5 Será fijado por el Director de Obra.	Apartado 213.5, ó (*) Apartado 216.5	Apartado 213.5	PLAN 4
2.2 Control de calidad del árido de cobertura	Será fijado por el Director de Obra.		Será fijado por el Director de Obra.	
3 CONTROL DE EJECUCION		PLAN 2		PLAN 5

(*): Según el tipo de material a emplear, deberá cumplir el apartado correspondiente.

CONTROL DE CALIDAD	
RIEGOS BITUMINOSOS	
P L A N E S	
ACTIVIDADES	ENSAYOS
<p>PLAN 1 CONTROL DE PROCEDENCIA DE LOS ARIDOS</p> <p>➔ Este plan se aplica para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Riegos de imprimación, (art. 530). • Riegos de curado, (art. 532). <p>➔ De cada procedencia del árido, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán dos (2) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada una de ellas se determinará el equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8.</p>	2, 3
<p>PLAN 2 CONTROL DE EJECUCION</p> <p>➔ Este plan se aplica para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Riegos de imprimación, (art. 530). • Riegos de adherencia, (art. 531). • Riegos de curado, (art. 532). <p>➔ Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al de menor tamaño de entre los resultantes de aplicar los tres (3) criterios siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quinientos metros (500 m) de calzada. • Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m²) de calzada. • La superficie imprimada/regada diariamente. <p>➔ Las dotaciones de ligante hidrocarbonado y, eventualmente, de árido, se comprobarán mediante el pesaje de bandejas metálicas, papel u otro material colocados sobre la superficie durante la aplicación o extensión, respectivamente.</p> <p>➔ Las comprobaciones se realizarán en mínimo 5 puntos.</p> <p>➔ En cada bandeja, u otro elemento colocado, se determinará la dotación de ligante residual, según NLT-353.</p> <p>➔ Se comprobarán la temperatura ambiente, la de la superficie a imprimir y la del ligante hidrocarbonado, mediante termómetros colocados lejos de cualquier elemento calefactor.</p>	1
<p>PLAN 3 CONTROL DE PROCEDENCIA</p> <p>➔ Este plan se aplica para Tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla, (art. 533).</p>	

CONTROL DE CALIDAD	
RIEGOS BITUMINOSOS	
P L A N E S	
ACTIVIDADES	ENSAYOS
<p><i>PLAN 3, continuación.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ El suministrador del ligante hidrocarbonado y, en su caso, de las adiciones deberá proporcionar un certificado de calidad y la garantía de que cumple las condiciones exigidas. ➔ De cada procedencia del árido y para cualquier volumen de producción previsto se tomará un mínimo de cuatro (4) muestras, según la Norma NLT 148/72, y de cada una de ellas se realizarán los ensayos indicados. ➔ Si el Director de Obra considera que existen variaciones en el material, podrá ordenar la repetición de los ensayos anteriores y ordenar adicionalmente los indicados. 	<p>4,5,6,7</p> <p>8 ó 9</p>
<p>PLAN 4 CONTROL DE RECEPCION</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Este plan se aplica para Tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla, (art. 533). ➔ Por cada cuarenta toneladas (40 t), o por cada partida suministrada si ésta fuera de menor cantidad, de ligante hidrocarbonado se tomarán muestras, NLT 121/86, y se realizarán los siguientes indicados para cada tipo de ligante. <ul style="list-style-type: none"> • Si el ligante hidrocarbonado fuera una emulsión bituminosa: 10,11,12,13,14 • Si el ligante hidrocarbonado fuera un betún asfáltico: 15,16. • Si el ligante hidrocarbonado fuera un betún fluxado: 14,15,17,18, ➔ Por cada setenta toneladas (70 t), o fracción, de árido de cada procedencia aceptada se realizarán los ensayos indicados; 2 cada uno. 16, 17 ➔ Por cada mil quinientas toneladas (1500 t), o fracción de árido de cada procedencia aceptada se realizarán los ensayos indicados. 4,6,7,8 ó 9 	<p>10,11,12,13,14</p> <p>15,16.</p> <p>14,15,17,18,</p> <p>16, 17</p> <p>4,6,7,8 ó 9</p>
<p>PLAN 5 CONTROL DE EJECUCION</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Se considerará como "lote", que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres (3) criterios siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Quinientos metros (500 m). • Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²). • La fracción tratada diariamente. ➔ Las dotaciones de ligante hidrocarbonado y, eventualmente, de árido, se comprobarán mediante el pesaje de bandejas metálicas, papel u otro material colocados sobre la superficie durante la aplicación o extensión, respectivamente. 	

CONTROL DE CALIDAD	
RIEGOS BITUMINOSOS	
P L A N E S	
ACTIVIDADES	ENSAYOS
<i>PLAN 5, continuación.</i>	
<ul style="list-style-type: none"> ➔ Las comprobaciones se realizarán en mínimo 5 puntos. ➔ En cada bandeja, u otro elemento colocado, se determinará la dotación de ligante residual, según NLT-353, ➔ Después de 2 meses de terminado, en otros 5 puntos, situados aleatoriamente, al menos 1 por hectómetro, realizar ensayo de resistencia al deslizamiento. 	<p>1</p> <p>15</p>

ENSAYOS	NUMERO DE REFERENCIA
Recuperación del ligante de mezclas bituminosas para su caracterización. NLT-353	1
Métodos de muestreo. UNE-EN 932-1.	2
Ensayo del equivalente de arena. UNE-EN 933-8.	3
Desgaste Los Angeles. NLT 149/72.	4
Pulido acelerado. NLT 174/ y 175/72.	5
Índice de lajas de cada fracción. NLT 354/74.	6
Proporción de caras de fractura de cada fracción. NLT 358/87.	7
Adhesividad por inmersión en agua. NLT 166/76.	8
Placa Vialit. NLT 313/87.	9
Carga de partículas. NLT 194/84.	10
Residuo por evaporación. NLT 147/72.	11
Contenido de agua. NLT 137/84.	12
Penetración del residuo. NLT 124/84.	13
Índice de penetración del residuo. NLT 181/84.	14
Resistencia al deslizamiento. NLT 175/73.	15

CONTROL DE CALIDAD

TERRAPLENES

- ⇒ Se define como lote, que se aceptará o rechazará en conjunto, al menor que resulte de aplicar a una sola tongada de terraplén los siguientes criterios:
- Una longitud de carretera (una sola calzada en el caso de calzadas separadas) igual a 500 m.
 - En la coronación una superficie de 3.500 m² y en el resto de las zonas, 5.000 m² si el terraplén es de altura inferior a 5 m, y de 10.000 m² en caso contrario. Descontando siempre en el conjunto de estas superficies unas franjas de 2 m de ancho en los bordes de la calzada y los rellenos localizados según lo definido en el artículo 332, "Rellenos localizados" de este Pliego.
 - La fracción construida diariamente.
 - La fracción construida con el mismo material, del mismo préstamo y con el mismo equipo y procedimiento de compactación.
- ⇒ No se escogerá un lote compuesto de fracciones correspondientes a días ni tongadas distintas.
- ⇒ Dentro de la zona definida por el lote se escogen las siguientes muestras independientes:
- Muestra de superficie: Conjunto de 5 puntos, tomados en forma aleatoria. En cada punto se determinará su humedad y densidad.
 - Muestra de borde: En cada banda de borde se fijará un (1) punto por cada 100 m o fracción. Estas muestras son independientes de las anteriores e independientes entre sí. En cada punto se determinará su humedad y densidad.
 - Determinación de deformaciones:
 - En coronación se hará un ensayo de carga con placa, NLT 357, por cada uno de los lotes definidos con anterioridad
 - En el resto de las zonas se podrá elegir entre hacer un ensayo de placa de carga por cada lote u otro tipo de ensayo en cada lote, como el de huella; los dos ensayos deben estar correlacionados y se deben exigir valores que garanticen los resultados del ensayo de placa de carga, lo que se debe comprobar al menos cada 5 lotes.
- ⇒ La densidad se puede medir con:
- Procedimientos de sustitución (método de la arena UNE 103503, densómetro, etc.).
 - Métodos nucleares con isótopos radiactivos
- ⇒ Los métodos nucleares se deben calibrar con base en los procedimientos de sustitución.
- ⇒ La calibración se hará para cada uno de los grupos de materiales definidos en el apartado 330.6.5.3 a) y se comprobará al menos una vez por cada 10 lotes ensayados. De forma análoga se procederá con los ensayos de humedad, por secado según UNE 103300 y nucleares.
- ⇒ Para espesores de tongada superiores a treinta centímetros (30 cm) habrá de garantizarse que la densidad y humedad medidas se corresponden con las del fondo de la tongada.

CONTROL DE CALIDAD

ZAHORRAS

CONTROL DE PROCEDENCIA DEL MATERIAL

- ⇒ Si se presenta certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones, o se tiene marca, sello o distintivo de calidad, según apartado 510.12, no serán de obligatoria aplicación los criterios dados a continuación, para controlar la procedencia.
- ⇒ Para cualquier volumen de producción, se ensayarán mínimo de 4 muestras, añadiéndose una más por cada 10 000 m³ o fracción. de exceso sobre 50 000 m³.
- ⇒ Sobre cada muestra se realizarán los siguientes ensayos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,

CONTROL DE EJECUCIÓN

Fabricación

- ⇒ Por cada 1 000 m³ de material producido, o cada día si se fabrica menos material, sobre un mínimo de 2 muestras, una por la mañana y otra por la tarde, se realizarán los siguientes ensayos: 1, 5.
- ⇒ Por cada 5 000 m³ de material producido, o una vez a la semana si se fabrica menos material, se realizarán los siguientes ensayos: 2, 3, 6, 7, 8, 9.
- ⇒ Por cada 20 000 m³ de material producido, o una vez al mes si se fabrica menos material, se realizará el siguiente ensayo: 4.
- ⇒ El Director de las Obras podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad si considera que los materiales son suficientemente homogéneos, o si en el control de recepción de la unidad terminada (apartado 510.9.3) se hubieran aprobado diez (10) lotes consecutivos.

Puesta en obra

- ⇒ En cada elemento de transporte, antes de verter, se comprobará su aspecto; se rechazará si presenta segregación.
- ⇒ Se comprobarán frecuentemente:
 - El espesor extendido, mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado.
 - La humedad de la zahorra en el momento de la compactación, mediante un procedimiento aprobado.
 - La composición y forma de actuación del equipo de puesta en obra y compactación, verificando:
 - Partículas trituradas, UNE-EN 933-5.
 - El lastre y la masa total de los compactadores.
 - La presión de inflado en los compactadores de neumáticos.
 - La frecuencia y la amplitud en los compactadores vibratorios.
 - El número de pasadas de cada compactador.

CONTROL DE CALIDAD

ZAHORRAS

CONTROL DE RECEPCIÓN DE LA UNIDAD TERMINADA

- ⇒ Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los 3 criterios siguientes a una sola tongada de zahorra:
- Una longitud de quinientos metros (500 m) de calzada.
 - Una superficie de 3 500 m² de calzada.
 - La fracción construida diariamente.
- ⇒ La realización de ensayos y toma de muestras se hará en puntos aleatorios, longitudinal y transversalmente; debe haber al menos un ensayo o toma por cada hectómetro.
- ⇒ Se realizarán determinaciones de humedad y de densidad en emplazamientos aleatorios, con una frecuencia mínima de 7 por cada lote. Si se utiliza sonda nuclear u otros métodos, rápidos, se deben calibrar previamente en el tramo de prueba.
- ⇒ En los mismos puntos donde se realice el control de la densidad se medirá el espesor.
- ⇒ Sobre cada lote, se hará un ensayo de carga con placa, NLT-357; en el mismo punto se determinará la humedad natural.
- ⇒ Se comparará la rasante con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte si existieran, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad de la distancia entre los perfiles del Proyecto.
- ⇒ En todos los semiperfiles se comprobará la anchura de la capa.
- ⇒ Se controlará la regularidad superficial del lote a partir de las 24 h de su ejecución y siempre antes de la extensión de la siguiente capa, mediante la determinación del IRI, NLT-330, que deberá cumplir lo especificado en el apartado 510.7.4.

E N S A Y O	NUMERO DE
	REFERENCIA
Granulometría por tamizado. UNE-EN 933-1.	1
Límite líquido. UNE 103103.	2
Índice de plasticidad. UNE 103104.	3
Coeficiente de Los Ángeles. UNE-EN 1097-2.	4
Equivalente de arena. UNE-EN 933-8 y, en su caso, azul de metileno. UNE-EN 933-9.	5
Índice de lajas. UNE-EN 933-3.	6
Partículas trituradas. UNE-EN 933-5.	7
Humedad natural. UNE-EN 1097-5.	8
Proctor modificado. UNE 103501.	9

CONTROL DE CALIDAD	
SUELOS ESTABILIZADOS Y GRAVAS TRATADAS	
ELEMENTOS Y CRITERIOS DE CONTROL	
	ARTICULO DEL PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS GENERALES
	ARTICULO 512
	ARTICULO 513
	SUELOS ESTABILIZADOS IN SITU
	MATERIALES TRATADOS CON CEMENTO (SUELOCEMENTO Y GRAVACEMENTO)
1. PROCEDENCIA DE MATERIALES	
1.1 Control de calidad del material conglomerante.	
→ Cal	Artículo 200, PG-3.
→ Cemento	Artículo 202, PG-3.
1.2 Procedencia de suelo y material granular.	
→ Suelos	PLAN 1
→ Materiales granulares	PLAN 2
2. CONTROL DE EJECUCION	
2.1 Fabricación	PLAN 3
2.2 Puesta en obra	PLAN 4
2.2.1 Vertido y extensión	PLAN 5
2.2.2 Compactación	PLAN 6
2.2.2 Curado y protección superficial	PLAN 7
2.3 Control de recepción de la unidad terminada	PLAN 8
	PLAN 9

CONTROL DE CALIDAD	
SUELOS ESTABILIZADOS Y GRAVAS TRATADAS	
P L A N E S	ENSAYOS
PLAN 1 CONTROL DE PROCEDENCIA DEL SUELO	
➔ De cada tipo de suelo, y sea cual fuere la cantidad que se va a estabilizar, se tomarán como mínimo cuatro (4) muestras, añadiéndose una (1) más por cada cinco mil metros cúbicos (5 000 m ³), o fracción, de exceso sobre veinte mil metros cúbicos (20 000 m ³) de suelo.	
➔ De cada muestra se harán los ensayos indicados.	5,6,7,8,11
➔ A criterio del director se repetirán los ensayos y/o se realizarán adicionales.	
➔ En caso de que el suelo sea clasificado como tolerable, según artículo 330:	12, 13
PLAN 2 CONTROL DE PROCEDENCIA DEL MATERIAL GRANULAR	
➔ De cada procedencia del material granular para la fabricación de suelocemento y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1.	
➔ De cada muestra se harán los ensayos indicados.	3,6,7,8,9
➔ Si, para áridos y polvo mineral de aportación para la gravacemento, se aporta certificado acreditativo de cumplimiento de especificaciones obligatorias o documento acreditativo de homologación de la marca, según lo indicado en el apartado 513.12, no serán de aplicación obligatoria los criterios descritos a continuación.	
➔ Si no se cumple lo anterior, de cada procedencia del material granular para la fabricación de suelocemento y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1.	
➔ De cada muestra se harán los ensayos indicados.	1,4,10,15,16
➔ El Director de Obra podrá ordenar los ensayos adicionales indicados.	2,6,7,14(*),17
PLAN 3 CONTROL DE EJECUCION DEL SUELO ESTABILIZADO IN SITU	
➔ Se tomarán diariamente mínimo 2 muestras del suelo, mañana y tarde, antes de mezclar con cal o cemento.	18
➔ Comprobar la eficacia de disgregación pasando la disgregadora sin mezclar con el conglomerante del orden de veinte metros (20 m) una vez al día.	

CONTROL DE CALIDAD	
SUELOS ESTABILIZADOS Y GRAVAS TRATADAS	
P L A N E S	ENSAYOS
<p>➔ Al menos dos (2) veces al día (mañana y tarde), se controlará el funcionamiento de las boquillas de inyección de la lechada de cal o de cemento.</p>	
<p>➔ Para cada lote de los definidos en el control de recepción de la unidad terminada, tomar 5 muestras aleatorias del suelo recién mezclado con la cal o con el cemento; confeccionar probetas según NLT-310, con la densidad exigida en obra y según el tipo de suelo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suelos S-EST1 y S-EST2 • Suelo S-EST3 	19 20
<p>➔ Por cada diez mil metros cúbicos (10 000 m³) de suelo estabilizado in situ con cal o con cemento o una (1) vez a la semana, si se estabilizara una cantidad menor.</p>	21
<p>➔ En caso de que el suelo original haya presentado hinchamiento y colapso, en los ensayos previos, por cada 45,000 m³ de suelo estabilizado, con cal o cemento, o una vez al mes si se estabiliza una cantidad menor, según criterio del Director de Obra:</p>	12, 13
<p>➔ El Director de Obra puede reducir los ensayos a la mitad si considera que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recepción de la unidad terminada se han aprobado 10 lotes consecutivos.</p>	
<p>➔ Realizar determinaciones de humedad y densidad en emplazamientos aleatorios, con frecuencia mínima de 7 por cada lote de los definidos en el control de recepción de la unidad terminada, Plan 9.</p>	
<p>➔ Si se emplean sondas nucleares u otros métodos rápidos de control, deben ser calibrados según los ensayos indicados.</p>	18, 22
<p>➔ Sin perjuicio de lo anterior, durante la ejecución de las obras, se deben calibrar los equipos en plazos entre 15 y 30 días.</p>	18, 22
<p>➔ En el caso de que las densidades obtenidas sean inferiores a las especificadas, proseguir la compactación hasta alcanzar los valores prescritos; en el caso del cemento lo anterior es válido solo si se está dentro del plazo de trabajabilidad.</p>	
<p>➔ Durante la ejecución de las obras se comprobará con la frecuencia necesaria, a juicio del Director de Obra:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura y humedad relativa del aire, mediante un termohigrógrafo registrador. • El espesor estabilizado, mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado. • La humedad del suelo, mediante un procedimiento aprobado. • La composición y forma de actuación del equipo utilizado en la ejecución de la estabilización, verificando: <ul style="list-style-type: none"> - Que el número y el tipo de los equipos sean los aprobados. 	

CONTROL DE CALIDAD	
SUELOS ESTABILIZADOS Y GRAVAS TRATADAS	
P L A N E S	ENSAYOS
<ul style="list-style-type: none"> - En su caso, el funcionamiento de los dispositivos de disgregación, humectación, limpieza y protección. - El lastre y el peso total de los compactadores. - La presión de inflado en los compactadores de neumáticos. - La frecuencia y la amplitud en los compactadores vibratorios. - El número de pasadas de cada equipo, especialmente de compactadores. 	
<p>➔ Realizar como mínimo un control diario de la dotación de emulsión bituminosa, empleada para el riego de curado o protección y en su caso del árido de cobertura, según artículo 532 del PG-3.</p>	
<p>PLAN 4 CONTROL DE FABRICACION DE SUELOCEMENTO Y GRAVACIMIENTO.</p>	
<p>➔ Con el material granular del suelocemento o con cada fracción granulométrica del árido de la gravacemento que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:</p>	
<p>➔ Por cada mil metros cúbicos (1 000 m³) de materiales granulares o cada día si se emplea menos material, sobre un mínimo de dos (2) muestras, una por la mañana y otra por la tarde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para cada fracción del árido de la gravacemento: 4 • Con el material granular del suelocemento: 6, 7 • Arido fino de la gravacemento: 2, 14(*) 	
<p>➔ Por cada cinco mil metros cúbicos (5 000 m³) de áridos de la gravacemento o una (1) vez a la semana si se emplea menos material:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arido fino: 6, 7 • Arido grueso: 15, 16 	
<p>➔ Al menos una (1) vez al mes o siempre que se cambie de procedencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Material granular: 8 • Material granular del suelocemento: 9 • Material granular de la gravacemento: 10 • Arido grueso de gravacemento: 1 • Arido árido grueso y árido fino de gravacemento: 17 	
<p>➔ Asimismo se tomará un mínimo de dos (2) veces al día (mañana y tarde), según la UNE-EN 932-1, al menos una (1) muestra representativa de la mezcla de componentes en seco, y se determinará su granulometría, según la UNE-EN 933-1.</p>	2
<p>➔ En instalaciones con mezclador de funcionamiento continuo, diariamente calibrar el flujo de la cinta suministradora de materiales en seco.</p>	
<p>➔ Al menos una (1) vez cada quince días (15 d) se verificará, en su caso, la precisión de las básculas de dosificación, mediante un conjunto adecuado de pesas patrón.</p>	

CONTROL DE CALIDAD	
SUELOS ESTABILIZADOS Y GRAVAS TRATADAS	
P L A N E S	ENSAYOS
<p>➔ Determinar la humedad del material tratado, al menos una vez por lote, en todo caso mañana y tarde:</p>	18
<p>➔ A la descarga del mezclador tomar muestras y fabricar probetas para comprobar resistencia a compresión; se conservarán según UNE 83301.</p>	
<p>➔ En carreteras con T0, para cada lote controlar mínimo 3 amasadas diferentes; se podrá reducir a 2 en los restantes casos; el número de probetas de cada amasada no será inferior a 3.</p>	
<p>➔ Se considera como amasada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En centrales discontinuas: cada una de las descargas de la mezcladora. • En centrales continuas: el producto resultante de 3 descargas seguidas de la mezcladora. 	
<p>➔ Las probetas se fabricarán según NLT-310; se ensayarán a los 7 días, según NLT 305.</p>	
<p>PLAN 5 CONTROL DE VERTIDO Y EXTENSION, SUELOCEMENTO Y GRAVACIMIENTO.</p>	
<p>➔ Antes de verter la mezcla, comprobar homogeneidad; rechazar material seco o segregado.</p>	
<p>➔ Comprobar continuamente el espesor extendido, mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado, teniendo en cuenta la disminución que sufrirá al compactar.</p>	
<p>PLAN 6 CONTROL DE COMPACTACION, SUELOCEMENTO Y GRAVACIMIENTO</p>	
<p>➔ Comprobar composición y forma del equipo de compactación, verificando:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que el número y el tipo de compactadores son los aprobados. • El funcionamiento de los dispositivos de humectación y de limpieza. • El lastre y la masa total de los compactadores y, en su caso, la presión de inflado de las ruedas de los compactadores de neumáticos. • La frecuencia y la amplitud de los compactadores vibratorios. • El número de pasadas de cada compactador. 	
<p>➔ Medir densidad y humedad, en emplazamientos aleatorios, con frecuencia mínima de 7 medidas por cada lote definido en el control de recepción de la unidad terminada; apartado 513.9.3; PLAN 8.</p>	
<p>➔ Los ensayos mencionados anteriormente, se pueden realizar con métodos rápidos no destructivos, siempre que previamente se hayan correlacionado con los métodos definidos en UNE 103503.</p>	

CONTROL DE CALIDAD	
SUELOS ESTABILIZADOS Y GRAVAS TRATADAS	
P L A N E S	ENSAYOS
<p>→ Sin perjuicio de lo anterior, durante la ejecución de las obras, éstos equipos se deben calibrar y contrastar con los ensayos UNE 103300 y UNE 103503, en plazos no inferiores a 15 días, ni superiores a 30.</p>	
<p>PLAN 7 CONTROL DE CURADO Y PROTECCION SUPERFICIAL, SUELOCEMENTO Y GRAVACEMENTO</p>	
<p>→ La superficie de la capa permanecerá húmeda constantemente, hasta la extensión del producto de curado, pero sin que se produzcan encharcamientos.</p>	
<p>→ Como mínimo, realizar un control diario de la dotación de emulsión bituminosa, y, en su caso, del árido de cobertura, según artículo 532 del PG-3.</p>	
<p>PLAN 8 CONTROL DE RECEPCION DE LA UNIDAD TERMINADA, SUELOCEMENTO Y GRAVACEMENTO</p>	
<p>→ Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres criterios siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quinientos metros (500 m) de calzada. • Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de calzada. • La fracción construida diariamente. 	
<p>→ Comprobar espesor de la capa extrayendo testigos cilíndricos; mínimo 2 por lote; se pueden aumentar hasta 5, si el espesor de alguno de los 2 primeros es inferior al prescrito.</p>	
<p>→ Comprobar regularidad superficial mediante IRI, según NLT-330; deberá cumplir lo especificado en el apartado 513.7.4.</p>	
<p>→ Comparar la rasante de la superficie terminada con la establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte y bordes de perfiles transversales.</p>	
<p>→ En todos los semiperfiles comprobar que la superficie compactada presente aspecto uniforme y libre de segregaciones.</p>	
<p>→ Verificar la anchura de la capa.</p>	

CONTROL DE CALIDAD	
SUELOS ESTABILIZADOS Y GRAVAS TRATADAS	
P L A N E S	ENSAYOS
<p>PLAN 9 CONTROL DE RECEPCION DE LA UNIDAD TERMINADA, SUELO ESTABILIZADO IN SITU</p> <p>➔ Se considerará como lote de recepción, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los cuatro (4) criterios siguientes a una (1) sola capa de suelo estabilizado in situ con cal o con cemento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quinientos metros (500 m) de calzada. • Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de calzada. • La fracción construida diariamente. • La fracción construida con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de ejecución. <p>➔ Comparar la rasante de la superficie terminada con la establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte y bordes de perfiles transversales.</p> <p>➔ En todos los semiperfiles verificar la anchura de la capa.</p> <p>➔ Comprobar regularidad superficial mediante IRI, según NLT-330; deberá cumplir lo especificado en el apartado 512.7.</p>	

(*): El 14 es opcional, en caso de que el 2 no cumpla.

E N S A Y O S	NUMERO DE REFERENCIA
Coeficiente de desgaste Los Angeles del árido grueso (UNE-EN 1097-2.	1
Equivalente arena. UNE-EN 933-8.	2
Granulometría del material granular. UNE-EN 933-1.	3
Granulometría de cada fracción. UNE-EN 933-1.	4
Granulometría por tamizado. UNE 103101.	5
Límite líquido. UNE 103103.	6
Índice plástico. UNE 103104.	7
Contenido de materia orgánica. UNE 103204.	8
Contenido de sulfatos solubles en agua. UNE-EN 1744-1.	9
Contenido de sulfatos solubles en ácido. UNE-EN 1744-1.	10
Contenido de sulfatos solubles (SO ₃). UNE 103201.	11
Ensayo de colapso. NLT-254.	12
Ensayo de hinchamiento. UNE 103601.	13
Índice de azul de metileno. UNE-EN 933-9.	14
Índice de lajas del árido grueso. UNE-EN 933-3)	15
Proporción de partículas trituradas, árido grueso. UNE-EN 933-5.	16
Proporción de terrones de arcilla del árido grueso y del árido fino. UNE 7133.	17
Humedad. UNE 103300.	18
Índice CBR, a 7 días. UNE 103502.	19
Resistencia a compresión simple. NLT-305.	20
Proctor modificado. UNE 103501.	21
Densidad in situ. UNE 103503.	22

CONTROL DE CALIDAD			
MEZCLAS BITUMINOSAS			
ELEMENTOS Y CRITERIOS DE CONTROL	ARTICULO DEL PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS GENERALES		
	ARTICULO 540	ARTICULO 542	ARTICULO 543
	LECHADAS BITUMINOSAS	MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE	MEZCLAS BITUMINOSAS DISCONTINUAS PARA RODADURA
1. PROCEDENCIA DE MATERIALES			
1.1 Control de calidad de ligantes hidrocarbonados			
➤ Betunes asfálticos			Apartado 211.4, PG-3.
➤ Betunes asfálticos modificados con polímeros			Apartado 215.4, PG-3.
➤ Emulsiones bituminosas	Apartado 213.4, PG-3.		
➤ Emulsiones bituminosas modificadas con polímeros	Apartado 216.4, PG-3.		
1.2 Procedencia de los áridos			
➤ Si, para áridos y polvo mineral de aportación, se aporta certificado acreditativo de cumplimiento de especificaciones obligatorias o documento acreditativo de homologación de la marca, según lo indicado en el apartado 12 del artículo respectivo del PG-3, no serán de aplicación obligatoria los criterios descritos a continuación.			
➤ De cada procedencia del árido y para cualquier volumen de producción prevista, se tomarán el número de muestras indicado, UNE-EN 932-1, y para cada una se realizarán los ensayos indicados a continuación, que apliquen para cada artículo.			
• Número de muestras, (UNE-EN 932-1)	3		4
• Coeficiente de desgaste de Los Angeles del árido grueso (UNE-EN 1097-2).		SI	
• Coeficiente de pulimento acelerado, árido grueso para capa de rodadura (NLT-174).		SI	
• Densidad relativa y absorción de árido grueso, (NLT-153).			SI
• Densidad relativa y absorción de árido fino, (NLT-154).			SI
• Granulometría de cada fracción, (UNE-EN 933-1).			SI
• Equivalente arena, (UNE-EN 933-8).			SI
• Índice de azul de metileno, (UNE-EN 933-9).		OPCIONAL	
• Proporción de partículas trituradas, árido grueso, (UNE-EN 933-5).	SI		OPCIONAL
• Proporción de impurezas del árido grueso, (NLT-172).			OPCIONAL
• Índice de lajas del árido grueso, (UNE-EN 933-3)	SI		
• Densidad aparente en tolueno del polvo mineral, (NLT-176).	OPCIONAL		SI
➤ El Director de Obra podrá ordenar la repetición de los ensayos obligatorios (SI) con nuevas muestras y la realización adicional de los opcionales.			
2. CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES			
2.1 Control de calidad de ligantes hidrocarbonados			
➤ Betunes asfálticos			Apartado 211.5, PG-3.
➤ Betunes asfálticos modificados con polímeros			Apartado 215.5, PG-3.
➤ Emulsiones bituminosas	Apartado 213.5, PG-3.		
➤ Emulsiones bituminosas modificadas con polímeros	Apartado 216.5, PG-3.		
2.2 Control de calidad de los áridos	PLAN 1 y PLAN 2		PLAN 3
2.3 Control de calidad del polvo mineral de aportación			PLAN 4
3. CONTROL DE EJECUCION	PLAN 5		
3.1 Fabricación			PLAN 6
3.2 Puesta en obra			
3.2.1 Extensión			PLAN 7
3.2.2 Compactación			PLAN 8
4. CONTROL DE RECEPCION DE LA UNIDAD TERMINADA.	PLAN 9		PLAN 10

CONTROL DE CALIDAD	
MEZCLAS BITUMINOSAS	
P L A N E S	ENSAYOS
PLAN 1 ➤ Para cada 70 t ó fracción de árido de cada procedencia aceptada	5 (*)
PLAN 2 ➤ Para cada 70 t ó fracción de árido árido combinado. ➤ Tolerancias admisibles, respecto de fórmula de trabajo, referidas a masa total de áridos, incluido polvo mineral <ul style="list-style-type: none"> • Tamices superiores a 2 mm de la UNE-EN 933-2: $\pm 3\%$. • Tamices comprendidos entre el 2 mm y 0,063 de la UNE-EN 933-2: $\pm 2\%$. • Tamices 0,063 de la UNE-EN 933-2: $\pm 1\%$. 	5, 6 (*)
PLAN 3 ➤ Al menos dos (2) veces al día: ➤ Al menos una (1) vez a la semana o cuando se cambie de procedencia. ➤ Al menos una (1) vez al mes o cuando se cambie de procedencia.	5, 6, 7(**) 8, 9, 10 1, 2, 3, 4
PLAN 4 ➤ De cada partida que se reciba. ➤ Al menos una (1) vez al día o cuando se cambie de procedencia.	11
PLAN 5 ➤ Se considerará como lote, al correspondiente a dos cargas consecutivas de la mezcladora móvil. En puntos elegidos aleatoriamente, no inferior a 5, tomados a la salida del canal que alimenta la repartidora, se determinará el contenido medio de emulsión. ➤ La tolerancia admisible en dotación de ligante: $\pm 0.3\%$, en masa del total de áridos, incluido polvo mineral, sin ser inferior al indicado en 540.3.	13
PLAN 6 ➤ Se tomarán diariamente mínimo 2 muestras, mañana y tarde, según UNE-EN 932-1, de la mezcla de áridos en frío, antes de entrar al secador. ➤ En centrales de mezcla continua, calibrar diariamente el flujo de la cinta suministradora de áridos, pesando los áridos recogidos de una longitud elegida. ➤ Las tolerancias admisibles, respecto a la fórmula de trabajo y referidas a la masa total de áridos, incluyendo polvo mineral, serán las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Tamices superiores a 2 mm de la UNE-EN 933-2: $\pm 3\%$. • Tamices comprendidos entre el 2 mm y 0,063 de la UNE-EN 933-2: $\pm 2\%$. • Tamices 0,063 de la UNE-EN 933-2: $\pm 1\%$. ➤ Diariamente se tomará, al menos, una muestra de áridos en caliente; su granulometría, UNE-EN 933-1 debe cumplir las tolerancias indicadas anteriormente. ➤ Al menos semanalmente, se verificará la exactitud de las básculas de dosificación y de los indicadores de temperatura de áridos y ligante hidrocarbonado.	6, 7(**), 12

CONTROL DE CALIDAD	
MEZCLAS BITUMINOSAS	
P L A N E S	ENSAYOS
<p>Plan 6, continuación.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ A la salida del mezclador o silo de almacenamiento, sobre cada elemento de transporte: <ul style="list-style-type: none"> • Control del aspecto de la mezcla. • Medición de la temperatura ➔ Al menos (2) veces al día (mañana y tarde), y al menos una (1) vez por lote: <ul style="list-style-type: none"> • Se considera lote el volumen que resulta de aplicar los criterios de 542.9.4 ó 543.9.4, según el artículo del PG-3 que se aplique. • La tolerancia admisible en dotación de ligante: $\pm 0.3\%$, en masa del total de áridos, incluido polvo mineral, sin ser inferior al indicado en 542.3 ó 543.3. ➔ Al menos (1) vez al día y al menos una (1) vez por lote: <p>Para el artículo 542.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En mezclas densas, semidensas y gruesas • En mezclas drenantes <p>Para el artículo 543.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En mezclas tipo F • En mezclas tipo M ➔ Cuando se cambia el suministro de procedencia (solo para 542). <ul style="list-style-type: none"> • En mezclas densas, semidensas y gruesas 	<p>13, 14</p> <p>15</p> <p>16</p> <p>15</p> <p>16</p> <p>17</p>
<p>PLAN 7</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Se medirá temperatura ambiente, para tener en cuenta aplicación de 542.8 ó 543.8. ➔ Antes de verter la mezcla a la tolva de la extendidora, se comprobará su aspecto y temperatura. ➔ Frecuentemente se comprobará el espesor mediante un punzón graduado. 	
<p>PLAN 8</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Se comprobará la composición y forma de actuación del equipo de compactación, verificando: <ul style="list-style-type: none"> • Que el número y tipo de compactadores sean los aprobados. • Funcionamiento de los dispositivos de humectación, limpieza y protección. • El lastre, peso total y, en su caso, presión de inflado, de los compactadores. • Número de pasadas de cada compactador. ➔ Al terminar la compactación se medirá la temperatura de superficie de cada capa. ➔ Para el artículo 542. Adicionalmente se hará: <ul style="list-style-type: none"> • Comprobar frecuencia y amplitud en los compactadores vibratorios. • En mezclas drenantes, se comprobará con la frecuencia que sea precisa la permeabilidad de la capa durante su compactación, NLT-327. 	
<p>PLAN 9</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Se comprobarán las siguientes características, que deberán cumplir lo establecido en el apartado 540.7. <ul style="list-style-type: none"> • Macrotextura superficial, en los 15 días siguientes a la extensión, en 5 puntos del lote considerado en el control de ejecución; debe haber al menos por hectómetro; (NLT-335). • Determinación de resistencia al deslizamiento, (NLT-336), transcurridos 2 meses de la extensión. 	

CONTROL DE CALIDAD

MEZCLAS BITUMINOSAS

P L A N E S

PLAN 10

- El lote, que se aceptará o rechazará en bloque, será el menor de:
 - 500 m de calzada.
 - 3.500 m² de calzada.
 - La fracción construida diariamente.
- Para artículo 542: se extraerán, mínimo 5 testigos; se determinará densidad y espesor, (NLT-168).
- Para artículo 543:
 - Mezclas F: extraer mínimo 5 testigos: determinar dotación media de mezcla, densidad aparente de probeta y espesor de la capa.
 - Mezclas M: se determinará la dotación dividiendo la masa colocada por el área tratada.
 - La fracción construida diariamente.
- A partir de 24 horas de ejecución se medirá el IRI, (NLT-330); no deberá ser superior al indicado en el apartado 542.7.3 ó 543.7.3.
- En capas de rodadura se realizarán los siguientes ensayos; deberán cumplir apartado 542.7.4 ó 543.7.4:
 - Macrotextura superficial, (NLT-335), antes de poner la capa en servicio; en 5 puntos, mínimo 1 por hectómetro.
 - Resistencia al deslizamiento, (NLT-336); 2 meses después de puesta en servicio.

(*): El ensayo indicado se realizará dos (2) veces.

(**): Su realización depende del resultado del ensayo de equivalente arena.

E N S A Y O S	NUMERO DE REFERENCIA
Coefficiente de desgaste Los Angeles del árido grueso .UNE-EN 1097-2.	1
Coefficiente de pulimento acelerado, árido grueso para capa de rodadura .NLT-174.	2
Densidad relativa y absorción de árido grueso.NLT-153.	3
Densidad relativa y absorción de árido fino.NLT-154.	4
Granulometría de cada fracción.UNE-EN 933-1.	5
Equivalente arena.UNE-EN 933-8.	6
Indice de azul de metileno.UNE-EN 933-9.	7
Proporción de partículas trituradas, árido grueso.UNE-EN 933-5.	8
Proporción de impurezas del árido grueso. NLT-172.	9
Indice de lajas del árido grueso. UNE-EN 933-3	10
Densidad aparente en tolueno del polvo mineral. NLT-176.	11
Granulometría del árido combinado. NLT-933-1	12
Dosificación de ligante. NLT-164	13
Granulometría de los áridos extraídos. NLT-165	14
Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas Método Marshall. NLT-159.	15
Ensayo cántabro de pérdida de desgaste.	16
Ensayo de inmersión-compresión .NLT-162.	17

CONTROL DE CALIDAD		
PAVIMENTOS DE HORMIGON		
ELEMENTOS Y CRITERIOS DE CONTROL	ARTICULO DEL PLIEGO PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS GENERALES	
	ARTICULO 550	ARTICULO 551
	PAVIMENTOS DE HORMIGON VIBRADO	HORMIGON MAGRO VIBRADO
1. PROCEDENCIA DE MATERIALES		
1.1 Control de procedencia del cemento		Artículo 202, PG-3
1.2 Procedencia de los áridos		
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Si, para áridos y polvo mineral de aportación, se aporta certificado acreditativo de cumplimiento de especificaciones obligatorias o documento acreditativo de homologación de la marca, sello o distintivo de calidad del árido, según lo indicado en el apartado 12 del artículo respectivo del PG-3, no serán de aplicación obligatoria los criterios descritos a continuación. ➤ De cada procedencia del árido y para cualquier volumen de producción prevista, se tomarán el número de muestras indicado, UNE-EN 932-1, y para cada una se realizarán los ensayos indicados a continuación, que apliquen para cada artículo. <ul style="list-style-type: none"> • Número de muestras. UNE-EN 932-1 • Coeficiente de desgaste Los Angeles del árido grueso (UNE-EN 1097-2). • Granulometría de cada fracción. UNE-EN 933-1. • Equivalente arena del árido fino. UNE-EN 933-8. • Proporción de partículas silíceas, árido fino. NLT-371. • Contenido de partículas arcillosas del árido fino. ➤ El Director de Obra podrá ordenar la repetición de los ensayos obligatorios con nuevas muestras y la realización adicional de los opcionales. 	4	SI
		SI
		SI
	SI	NO
	OPCIONAL. UNE-EN 933-9	OPCIONAL. UNE 7133
2. CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES		
2.1 Control de calidad del cemento		Cada partida de cemento que llegue a la central de fabricación, se recibirá según Artículo 202, PG-3
2.2 Control de calidad de los áridos	PLAN 1	PLAN 2
3. CONTROL DE EJECUCION		
3.1 Fabricación		PLAN 3
3.2 Puesta en obra		PLAN 4
3.3 Control de recepción		PLAN 5
4. CONTROL DE RECEPCION DE LA UNIDAD TERMINADA.		

CONTROL DE CALIDAD	
PAVIMENTOS DE HORMIGON	
P L A N E S	ENSAYOS
PLAN 1	
CONTROL DE CALIDAD DE ARIDOS (550.9.2.2)	
➤ Al menos dos (2) veces al día, por la mañana y por la tarde:	2,3,4,6,7
➤ Al menos una (1 vez al mes o cuando se cambie de procedencia.	1, 8
PLAN 2	
CONTROL DE CALIDAD DE ARIDOS (551.9.2.2)	
➤ Al menos dos (2 veces al día, por la mañana y por la tarde:	3,5,7
➤ Al menos una (1 vez a la semana o cuando se cambie de procedencia.	6
➤ Al menos una (1 vez al mes o cuando se cambie de procedencia.	1.8
PLAN 3	
CONTROL DE FABRICACION	
➤ Tomar diariamente al menos 1 muestra de la mezcla de áridos:	2
➤ Al menos 1 vez cada 15 días verificar exactitud y precisión de las básculas de dosificación, mediante un conjunto adecuado de pesas patrón.	
➤ Tomar muestras a la descarga del mezclador y efectuar los siguientes ensayos:	
➤ En cada elemento de transporte:	
• Controlar aspecto del hormigón y medición de su temperatura.	
• Rechazar todos los hormigones segregados o cuya envuelta no sea homogénea.	
➤ Al menos dos (2 veces al día, por la mañana y por la tarde:	9, 10
• Para Pavimento de Hormigón Vibrado, fabricación de probetas para ensayo a flexotracción. UNE 83301, admitiéndose empleo de mesa vibrante; se conservarán en condiciones.	
• Para Hormigón Magro Vibrado, fabricación de probetas para ensayo a compresión simple. UNE 83301; se conservarán en condiciones.	
➤ Dependiendo del tráfico, el número mínimo de amasadas diferentes para el control de resistencia serán:	
• Tres (3 para T0 a T2.	
• Dos (2 para los demás casos.	
➤ Por cada amasada controlada, el número mínimo de probetas a fabricar son:	
• Dos (2 para Pavimentos de Hormigón Vibrado.	
• Tres (3 para Hormigón Magro Vibrado. Se considerará que la amasada está formada por el producto resultante de tres (3 descargas seguidas de la mezcladora.	
PLAN 4	
PUESTA EN OBRA	
➤ Medir temperatura y humedad relativa ambiental, mediante termohigrógrafo registrador, para tener en cuenta las limitaciones de los apartados 550.7 y 551.8, respectivamente.	

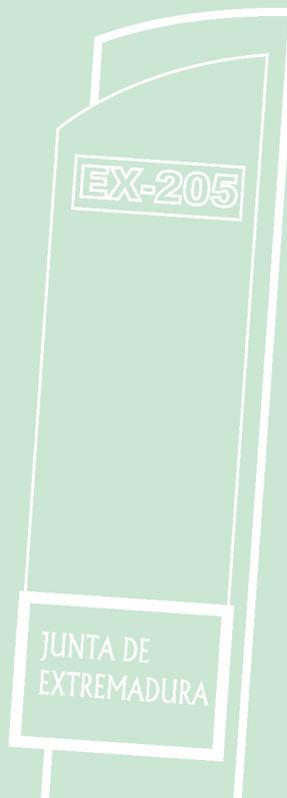
CONTROL DE CALIDAD	
PAVIMENTOS DE HORMIGON	
P L A N E S	ENSAYOS
<p>PLAN 4, continuación.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Al menos 2 veces al día, mañana y tarde, así como siempre que hayan dudas por el aspecto del hormigón, se medirá su consistencia; si rebasa los límites de la fórmula de trabajo se rechaza la amasada. 	10
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Comprobar frecuentemente en espesor, mediante punzón graduado u otro procedimiento aprobado por el Director de Obra. ➤ Comprobar composición y forma de actuación del equipo de puesta en obra, verificando la frecuencia y amplitud de los vibradores. 	
<p>PLAN 5 CONTROL DE RECEPCION</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ El lote, que se aceptará o rechazará en bloque, será el menor de: <ul style="list-style-type: none"> • 500 m de calzada. • 3.500 m² de calzada. • La fracción construida diariamente. 	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para Pavimentos de Hormigón Vibrado, no obstante lo anterior, en lo relativo a la integridad del pavimento, la unidad de aceptación o rechazo será la losa individual, enmarcada entre juntas. 	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para Pavimentos de Hormigón Vibrado, al día siguiente de hormigonar medir macrotextura <ul style="list-style-type: none"> • Medición de macrotextura, con frecuencia indicada en Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o Director de la Obra. 	11
<ul style="list-style-type: none"> • Mínimo 2 puntos aleatorios por lote, ampliables a 5 si algunos de los 2 primeros no cumplen. • Después de 10 lotes aceptados, el Director de Obra puede reducir frecuencia de ensayo. 	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Comprobar espesor de losas y homogeneidad del hormigón: <ul style="list-style-type: none"> • Extraer testigos cilíndricos, con frecuencia indicada en Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o Director de la Obra. • Mínimo 2 puntos aleatorios por lote, ampliables a 5 si el espesor de alguno de los 2 primeros no cumple o su aspecto indica compactación inadecuada. • Rellenar los agujeros con hormigón de la misma calidad; compactar y enrasar correctamente. • Para Pavimentos de Hormigón Vibrado, El Director de Obra determinará si los testigos se rompen a tracción indirecta según apartado 550.6, pudiendo servir como ensayos de información, según apartado 550.10.1.2. • Para Hormigón Magro Vibrado, el Director de Obra determinará si los testigos se rompen a compresión simple según apartado 551.6, pudiendo servir como ensayos de información, según apartado 551.10.1.2. 	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Las probetas se conservarán según UNE 83301. 	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para pavimentos de Hormigón Vibrado se ensayarán a flexotracción a 28 días, según UNE 83305; el Director de Obra puede ordenar ensayos complementarios a 7 días. 	12

CONTROL DE CALIDAD	
PAVIMENTOS DE HORMIGON	
P L A N E S	ENSAYOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para Hormigón Magro Vibrado, las probetas conservadas, según UNE 83301, se ensayarán a compresión simple a 28 días, según UNE 83304; el Director de Obra puede ordenar ensayos complementarios a 7 días. 	14
<ul style="list-style-type: none"> ➤ En todos los semiperfiles, comprobar: <ul style="list-style-type: none"> • Que la superficie extendida presenta aspecto uniforme. • Ausencia de defectos superficiales graves, como segregaciones, deslavados, falta de textura superficial, etc. 	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Control de la regularidad superficial, mediante la determinación del IRI: <ul style="list-style-type: none"> • En cada lote a partir de 24 horas de ejecución; cumplirá apartado 550.7.3 para Pavimentos de Hormigón Vibrado y 551.7.3 para Hormigón Magro Vibrado. • Comprobar regularidad superficial de toda la longitud de la obra antes de recepción definitiva. 	13

E N S A Y O S	NUMERO DE REFERENCIA
Coeficiente de desgaste Los Angeles del árido grueso. UNE-EN 1097-2.	1
Granulometría. UNE-EN 933-1.	2
Equivalente arena del árido fino. UNE-EN 933-8.	3
Contenido de partículas arcillosas del árido fino. UNE-EN 933-9	4
Contenido de partículas arcillosas del árido fino. UNE 7133	5
Índice de lajas del árido grueso. UNE-EN 933-3	6
Proporción de finos que pasan por el tamiz 0,063 mm. UNE-EN 933-2	7
Sustancias perjudiciales, según artículo 28 de la vigente "Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)" o normativa que la sustituya.	8
Contenido del aire ocluido en el hormigón. UNE 83315.	9
Consistencia. UNE 83313.	10
Macrotextura superficial, círculo de arena. NLT-335	11
Ensayos de hormigón, rotura por flexotracción. UNE 83305.	12
Cálculo del Índice de Regularidad Internacional, IRI. NLT-330.	13
Ensayos de hormigón, rotura por compresión. UNE 83304.	14

ANEJO C: CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Recomendaciones para el Diseño
y Rehabilitación de Secciones de Firme
en la Red de Carreteras de Extremadura



ÍNDICE DE MATERIALES

- Ligantes bituminosos
- Terraplenes
- Zahorras
- Suelos estabilizados y gravas tratadas
- Riegos bituminosos
- Mezclas bituminosas
- Pavimentos de hormigón

CRITERIOS DE ACEPTACION O RECHAZO

LIGANTES BITUMINOSOS

► El Director de las Obras indicará las medidas a adoptar en el caso de que el ligante bituminoso no cumpla alguna de las especificaciones establecidas en los apartados indicados, a continuación, para cada caso.

- Betunes asfálticos, (art. 211) : 211.2
- Betunes fluidificados, (art. 212) : 212.2
- Emulsiones bituminosas, (art. 213) : 213.2
- Betunes fluxados, (art. 214) : 214.2
- Betunes modificados, (art. 215) : 215.2
- Emulsiones modificadas, (art. 216) : 216.2

CRITERIOS DE ACEPTACION O RECHAZO

RIEGOS BITUMINOSOS

P L A N E S

ACTIVIDADES

CRITERIOS DE ACEPTACION O RECHAZO

- ➔ Este plan se aplica para:
 - Riegos de imprimación, (art. 530).
 - Riegos de adherencia, (art. 531).
 - Riegos de curado, (art. 532).
 - Tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla, (art. 533).
- ➔ La dotación media, tanto de ligante residual como, en su caso, de los áridos, no deberá diferir de la prevista en más de un quince por ciento (15%). No más de un (1) individuo de la muestra ensayada podrá presentar resultados que excedan de los límites fijados.
- ➔ Para el artículo 533, Tratamientos superficiales, el resultado medio del ensayo de resistencia al deslizamiento no deberá ser inferior al valor previsto en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. No más de un (1) individuo de la muestra ensayada podrá presentar resultados inferiores a dicho valor en más de cinco centésimas (0,05).

CRITERIOS DE ACEPTACION O RECHAZO

TERRAPLENES

- ⇒ Para aceptar la compactación de una muestra, el valor medio de su densidad deberá cumplir:
- Las condiciones mínimas impuestas en este artículo y en particular en sus apartados 330.4.2, 330.4.3 y 330.6.4.
 - Además, al menos el 60% de los puntos de cada ensayo individual, en un diagrama humedad-densidad seca, han de encontrarse dentro de la zona de validez que a continuación se define; el resto de los puntos no podrán tener una densidad inferior en más de 30 kg/m³ a las admisibles.
- ⇒ La zona de validez es la situada por encima de la curva Próctor de referencia y entre las líneas de isosaturación correspondientes a los límites impuestos al grado de saturación, en el Proyecto o en su defecto en este Pliego.
- ⇒ Dichas líneas límite, según el apartado 330.4.3, y salvo indicación en contra del Proyecto, pasarán por los puntos de la curva Próctor correspondientes a humedades de -2% y +1% de la óptima.
- ⇒ En suelos expansivos o colapsables, las líneas límite pasarán por los puntos de la curva Proctor de humedades -1% y +3%.
- ⇒ El grado de saturación viene dado por:

$$S_r = w \frac{\rho_s}{\rho_w} \frac{\rho_d}{\rho_s - \rho_d}$$

- ⇒ Las líneas de igual saturación vienen definidas por la expresión:

$$\rho_d = \rho_s \frac{S_r}{w \frac{\rho_s}{\rho_w} + S_r}$$

Donde:

S_r = Grado de saturación (%).

w = Humedad del suelo (%).

ρ_d = Densidad seca (kg/m³).

ρ_w = Densidad del agua (puede tomarse igual a 1.000 kg/m³).

ρ_s = Densidad de las partículas de suelo según UNE 103302 (kg/m³).

- ⇒ El incumplimiento de lo anterior dará lugar a la recompactación de la zona superficial o de borde de la cual la muestra sea representativa.
- ⇒ En casos dudosos se aconseja aumentar la intensidad del control.
- ⇒ En caso de no cumplirse los valores de placa de carga indicados en el apartado 330.6.5, o los valores aceptables indicados por el Director de las Obras para el ensayo alternativo de correlación con el de placa de carga, se procederá a recompactar el lote.

CRITERIOS DE ACEPTACION O RECHAZO

ZAHORRAS

CARACTERISTICA	REFERENCIAS	CRITERIO Y RESPUESTA	
1. Densidad	⇒ Valor especificado en el apartado 510.7.1, y Máximo 2 muestras inferiores en 2%	CUMPLE	1
	⇒ No cumple lo anterior		2
2. Capacidad de soporte	⇒ El módulo de compresibilidad E_{v2} y la relación de módulos E_{v2}/E_{v1} , obtenidos en el ensayo de carga con placa, cumplirán lo especificado en el apartado 510.7.2.	CUMPLE	1
	⇒ No cumple lo anterior		2
3. Espesor (Espesor medio obtenido)	⇒ Previsto en planos de secciones tipo y Máximo 2 individuos inferiores en más de 10%.	CUMPLE	1
	⇒ No cumple lo anterior y	< 85%	3
	⇒ No cumple, no existen problemas de encharcamiento y	> 85%	4
4. Rasante	Planos del Proyecto: ⇒ Si no exceden tolerancias del apartado 510.7.3; y No existen zonas que retengan agua.	CUMPLE	1
	⇒ Si se rebasa la tolerancia por defecto, y No existen zonas que retengan agua.		5
	⇒ Si se rebasa la tolerancia por exceso.		6
5. Regularidad superficial	⇒ Valor especificado en el apartado 510.7.4.	CUMPLE	1
	⇒ No cumple.		7

CRITERIOS DE ACEPTACION O RECHAZO

ZAHORRAS

ACCIONES DE RESPUESTA

- 1 Aceptar.
- 2 Recompatar hasta alcanzar los valores especificados.
- 3 Escarificar en una profundidad mínima 15 cm, añadir el material necesario de las mismas características y volver a compactar y refinar la capa por cuenta del Contratista.
- 4 Se podrá admitir siempre que se compense la merma de espesor con el espesor adicional correspondiente en la capa superior por cuenta del Contratista.
- 5 Se podrá aceptar la superficie siempre que la capa superior a ella compense la merma con el espesor adicional necesario sin incremento de coste para la Administración.
- 6 Se corregirá el exceso, por cuenta del Contratista, siempre que esto no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los Planos.
- 7 Dependiendo del porcentaje del tramo afectado, se procederá de la siguiente forma:
 - Si es en más del 10% de la longitud del tramo controlado se escarificará la capa en una profundidad mínima 15 cm y se volverá a compactar y refinar por cuenta del Contratista
 - Si es en menos del 10% de la longitud del tramo controlado se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).

CRITERIOS DE ACEPTACION Y RECHAZO						
SUELOS ESTABILIZADOS Y GRAVAS TRATADAS						
CARACTERISTICA	ARTICULO 512 SUELOS ESTABILIZADOS IN SITU			ARTICULO 513 MATERIALES TRATADOS CON CEMENTO (SUELOCEMENTO Y GRAVACEMENTO)		
	REFERENCIA	CRITERIO Y RESPUESTA		REFERENCIA	CRITERIO Y RESPUESTA	
1 Densidad	➤ Valor especificado en apartado 512.3; y Máximo 2 muestras inferiores en 2%	CUMPLE	1	➤ Valor especificado en apartado 513.7.1; y Máximo 2 muestras inferiores en 2%	CUMPLE	1
	➤ Si es inferior en más de 3%.		2	➤ Si no cumple lo anterior.		7
	➤ Si es inferior en menos de 3%.		3			
2 Resistencia Media del CBR o de resistencia a compresión simple, según el tipo de suelo.	➤ Valor especificado en apartado 512.3; y Ninguna muestra inferior en 20%.	CUMPLE	1	Resistencia media del lote (1), a 7 días: ➤ Superior a la mínima e ➤ Inferior a la máxima referenciadas.	CUMPLE	1
	➤ No cumple y	< 90%	2	➤ Si es superior a la mínima		8
	➤ No cumple y	≥ 90%	3	➤ Si es inferior a la mínima, pero no a su 90%.		9
				➤ Si es inferior al 90%.		10
Ensayos de Información para Resistencia. ➤ Se extraerán testigos del lote rechazado y de uno aceptado, mínimo 4 de cada uno.				Si la resistencia media del lote rechazado, con respecto a la resistencia media del lote aceptado, tomado como referencia, es:		
				➤ No inferior		1
				➤ Inferior, pero no al 90%		11
				➤ Inferior al 90%, pero no al 80%		12
3 Espesor (Espesor medio obtenido)	➤ Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o Planos de secciones tipo; y Máximo 2 individuos inferiores en 10%.	CUMPLE	1	Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o Planos de secciones tipo; y Máximo 2 individuos inferiores en 10%.	CUMPLE	1
	➤ No cumple y	< 80%	2	➤ No cumple y	< 85%	2
	➤ No cumple y	> 80%	4	➤ No cumple y	> 85%	4
4 Rasante	Planos de Proyecto.			Planos de Proyecto.		
	➤ Si no exceden límites del apartado 512.7.2; y No existen zonas que retengan agua.	CUMPLE	1	➤ Si no exceden límites del apartado 513.7.3; y No existen zonas que retengan agua.	CUMPLE	1
	➤ Si se rebasa la tolerancia por defecto, y No existen zonas que retengan agua.		4	➤ Si se rebasa la tolerancia por defecto, y No existen zonas que retengan agua.		4
	➤ Si se rebasa la tolerancia por exceso.		5	➤ Si se rebasa la tolerancia por exceso.		5
5 Regularidad superficial	➤ Si no exceden tolerancias del apartado 512.7.3.	CUMPLE	1	➤ Si no exceden tolerancias del apartado 513.7.4.	CUMPLE	1
	➤ No cumple y es en más del 10% de la longitud del tramo controlado.		6	➤ No cumple y es en más del 10% de la longitud del tramo controlado.		13
	➤ No cumple y es en menos del 10% de la longitud del tramo controlado.		3	➤ No cumple y es en menos del 10% de la longitud del tramo controlado.		3

(1) Determinada como media de las resistencias de las probetas fabricadas de acuerdo con lo indicado en el apartado 513.9.2.1.

CRITERIOS DE ACEPTACION Y RECHAZO

SUELOS ESTABILIZADOS Y GRAVAS TRATADAS

ACCIONES DE RESPUESTA

- 1 Aceptar
- 2 Por cuenta del Contratista, levantar la capa correspondiente al lote controlado y reponer con material aceptado por el Director de Obra.
- 3 Aplicar una penalización económica del 10% a la capa correspondiente al lote controlado.
- 4 Se puede admitir, siempre que se compense la merma de espesor, con el espesor adicional correspondiente en la capa superior por cuenta del Contratista. NO se admitirá en ningún caso el recrecimiento en capa delgada.
- 5 Se corregirá por fresado por cuenta del Contratista, siempre que esto no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los Planos.
- 6 Por cuenta del Contratista, se corregirán los defectos por refinado y recompactación; además se tendrá en cuenta lo siguiente:
 - En el caso de las estabilizaciones con cemento, el refinado y la recompactación solo podrá hacerse si se está dentro del plazo de trabajabilidad.
 - Si se hubiere rebasado dicho plazo, se demolerá y reconstruirá totalmente la zona afectada.
- 7 Realizar ensayos de resistencia mecánica sobre testigos aplicándose los criterios establecidos en el apartado 513.10.2.
- 8 Realizar juntas de contracción por serrado a una distancia no superior a la indicada en el apartado 513.5.6 y de forma que no queden a menos de dos metros y medio (2,5 m) de posibles grietas de retracción que se hayan podido formar.
- 9 Contratista podrá elegir entre aceptar las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o solicitar la realización de ensayos de información.
- 10 El Contratista podrá elegir entre demoler el lote o esperar a los resultados de los ensayos de resistencia sobre testigos.
- 11 Aplicar sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- 12 El Director de Obra elegirá entre:
 - Aplicar acción de respuesta 11, ó
 - Aplicar acción de respuesta 2.
- 13 Se corregirán los defectos mediante fresado por cuenta del Contratista, teniendo en cuenta todo lo especificado en el art. 513.10.3.

CRITERIOS DE ACEPTACION Y RECHAZO									
MEZCLAS BITUMINOSAS									
CARACTERISTICA	ARTICULO DEL PLIEGO PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS GENERALES								
	ARTICULO 540 LECHADAS BITUMINOSAS			ARTICULO 542 MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE			ARTICULO 543 MEZCLAS DISCONTINUAS PARA RODADURA		
	REFERENCIA	CRITERIO Y RESPUESTA		REFERENCIA	CRITERIO Y RESPUESTA		REFERENCIA	CRITERIO Y RESPUESTA	
➔ Dotación media de la lechada	PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES	=100% < 90% ≥ 90%	1 2 3						
➔ Dotación media de ligante residual	Fórmula de Trabajo	± 1%	1						
	Máximo 2 individuos diferirán ± 1.5%								
➔ Dotación de mezcla							Apartado 543.9.4	≥ 100% < 95% ≥ 95%	1 2 3
							Máximo 2 individuos <95%		
➔ Densidad (Mezclas densas, semidensas y gruesas)				Apartado 542.7.1	≥ 100% < 95% ≥ 95%	1 2 3			
				Máximo 3 individuos <98%					
➔ Media de los huecos (Mezclas drenantes)				Apartado 542.7.1	± 2% Máximo 3 individuos diferirán ± 3% >(±4%) <(± 4%)	1 2 3	En mezclas tipo M: Fórmula de trabajo	± 2% Máximo 3 individuos diferirán ± 3% >(±4%) <(± 4%)	1 2 3
➔ Espesor				Apartado 542.7.2	≥ 100% Máximo 3 individuos <90% < 80% > 80%	1 4 5	Planos de Proyecto	≥ 100%	1
• Capas de base							Máximo 2 individuos <90%		2
							Apartado 543.7.2	< 100	
• Capas intermedias					< 90% > 90%	6 7			
• Capas de rodadura					< 100%	8			
➔ Regularidad superficial				Apartado 542.7.3		1	Apartado 543.7.3	≤ 100% > 100%	1
• Capas de rodadura drenante						9			9
• Para el resto de los casos				Si exceden en más del 10%, de la longitud del tramo controlado o de la total de la obra para capa de rodadura.		10			
				Si exceden en menos del 10%, de la longitud del tramo controlado o de la total de la obra para capa de rodadura.		11			
➔ Media de la macrotextura superficial	Apartado 540.7	≥ 100% < 90% > 90%	1 2 3	Apartado 542.7.4, y	≥ 100% < 90% > 90%	1 12 3	Apartado 543.7.4	≥ 100% < 90% > 90%	1 13 3
	Máximo 1 individuo <75%			Máximo 1 individuo <75%			Máximo 1 individuo <75%		
➔ Resistencia al deslizamiento	Apartado 540.7	≥ 100% < 90% > 90%	1 2 3	Apartado 542.7.4	≥ 100% < 90% > 90%	1 12 3	Apartado 543.7.4	≥ 100% < 90% > 90%	1 13 3
	Máximo 1 individuo <95%			Máximo 1 individuo <95%			Máximo 1 individuo <95%		

CRITERIOS DE ACEPTACION Y RECHAZO

MEZCLAS BITUMINOSAS

ACCIONES DE RESPUESTA

- 1 Aceptar
- 2 Levantar la capa correspondiente al lote controlado mediante fresado y reponer por cuenta del contratista.
- 3 Aplicar una penalización económica del 10% a la capa correspondiente al lote controlado.
- 4 Rechazar la capa; a cuenta del Contratista se levantará mediante fresado y se repondrá o extenderá otra capa sobre la rechazada, si no existen problemas de gálibo.
- 5 Si no existen problemas de encharcamiento, el espesor faltante se adicionará en la capa superior, por cuenta del Contratista.
- 6 Rechazar la capa; a cuenta del Contratista se levantará mediante fresado y se repondrá o extenderá otra capa sobre la rechazada, si no existen problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.
- 7 Si no existen problemas de encharcamiento, se aceptará con una penalización económica del 10%.
- 8 Se rechaza; por cuenta del Contratista levantarla mediante fresado y reponerla, o en el caso de mezclas bituminosas convencionales, extender otra capa sobre la rechazada, si no existen problemas de gálibo o sobrecarga de estructuras.
- 9 Se demolerá el lote, se retirará al vertedero y se extenderá una nueva capa por cuenta del Contratista.
- 10 Se extenderá, por cuenta del Contratista, una nueva capa de mezcla bituminosa, con el espesor que determine el Director de Obra.
- 11 Se corregirán los defectos de regularidad superficial mediante fresado, por cuenta del Contratista.
- 12 Se extenderá una nueva capa de rodadura por cuenta del Contratista; en el caso de capas de rodadura con mezclas drenantes se demolerá el lote, se retirará a vertedero y se repondrá la capa por cuenta del Contratista.
- 13 Se extenderá una nueva capa de rodadura por cuenta del contratista.

CRITERIOS DE ACEPTACION Y RECHAZO								
PAVIMENTOS DE HORMIGON								
CARACTERISTICA	ARTICULO 550 PAVIMENTOS DE HORMIGON VIBRADO			ARTICULO 551 HORMIGON MAGRO VIBRADO				
	REFERENCIA	CRITERIO Y RESPUESTA		REFERENCIA	CRITERIO Y RESPUESTA			
1. Resistencia mecánica								
1.1 Ensayos de control								
➔ Resistencia	Resistencia exigida (a flexotracción)	(1), (2)	≥ 100%	1	Resistencia exigida (a compresión simple)	(4), (5)	≥ 100%	1
			≥ 90%	2		≥ 90%	2	
			< 90%	3		< 90%	12	
1.2 Ensayos de información								
➔ Resistencia (Obtenida de ensayos de información).	El valor de referencia puede ser: ➔ Valor medio de los resultados del tramo de prueba. ➔ Si lo autoriza el Director de Obra, resultados de un lote aceptado, comparable al evaluado.		≥ 100%	1	El valor de referencia puede ser: ➔ Valor medio de los resultados del tramo de prueba. ➔ Si lo autoriza el Director de Obra, resultados de un lote aceptado, comparable al evaluado.		≥ 100%	1
			≥ 90%	4		≥ 90%	13	
			< 90% , ≥ 70%	5		< 90% , ≥ 80%	5	
			< 70%	6		< 80%	6	
2. Integridad								
Integridad general de las losas.	Los criterios para evaluar la integridad general de la losa, así como las posibles acciones de respuesta, se presentan en la Acción de Respuesta 7.							
3. Regularidad superficial								
	Apartado 550.7.3. Apartado 542.7.3.	≤ 100% > 100%	1 10		Apartado 551.7.3.	≤ 100% > 100%	1 15	
4. Espesor								
El pliego de Prescripciones Técnicas Particulares deberá fijar las penalizaciones a imponer por falta de espesor, las que no podrán ser inferiores a las indicadas, según el signo de la diferencia entre espesor medido y espesor prescrito.	Positivo, y Máximo 1 individuo con merma >20 mm	Merma ≤ 20 mm, y Máximo 1 individuo con merma >30 mm	En los demás casos.	8	Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares; Planos de secciones tipo del Proyecto.	≥ 100%	1	
				9		Máximo 2 individuos <95%.	< 85%	6
				6			> 85%	14
5. Textura superficial								
Profundidad media de la textura superficial	Límites especificados							
	Dentro de los límites del apart. 550.7.4, y Ningún resultado individual será inferior a 0,40 mm			1				
	Fuera de los límites.			11				
					Cotas especificadas en Planos del Proyecto:			
					➔ Las diferencias de cotas no exceden tolerancias del apart. 551.7.2, ni existen zonas que retengan agua.		1	
					➔ Si la tolerancia es rebasada por defecto y no existen zonas que retengan agua.		16	
					➔ Si la tolerancia es rebasada por exceso.		17	

(1) Resistencia característica, según apartado 550.3.

(2) La resistencia de cada amasada a una determinada edad, se determinará como la media de las resistencias de las probetas respectivas. A partir de la mínima resistencia obtenida en cualquier amasada del lote, se podrá estimar la característica multiplicandola por un coeficiente de la siguiente tabla.

NUMERO DE AMASADAS CONTROLADAS EN EL LOTE	COEFICIENTE MULTIPLICADOR
2	0.88
3	0.91
4	0.93
5	0.95
6	0.96

(3) La resistencia media de un lote a una determinada edad, se determina como la media de las resistencias de las probetas fabricadas de acuerdo con lo indicado en el apartado 551.9.3.1.

(4) Resistencia media a compresión simple, a 28 días para cada lote.

CRITERIOS DE ACEPTACION Y RECHAZO

PAVIMENTOS DE HORMIGON

ACCIONES DE RESPUESTA

- 1 Aceptar
- 2 El Contratista podrá elegir entre aceptar las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o solicitar la realización de los ensayos de información. Las sanciones no serán inferiores a aplicar una sanción al precio unitario del lote, cuya cuantía sea igual al
- 3 Realizar ensayos de información, para Artículo 550, Pavimentos de hormigón Vibrado, así:
 - Antes de transcurridos 54 días de puesta en obra, extraer del lote 6 testigos cilíndricos, según UNE 83302, situados aleatoriamente, que disten entre sí como mínimo 7 m longitudinalmente y separados más de 50 cm de cualquier junta o borde.
 - Se ensayarán a tracción indirecta, según UNE 83306, a la edad de 56 días, después de conservarlos durante las 48 horas anteriores al ensayo, según condiciones previstas en UNE 83302.
- 4 Aplicar al lote las mismas sanciones previstas en la Acción de Respuesta 2, (apartado 550.10.1.1).
- 5 El Director de Obra puede ordenar alguna de las siguientes dos opciones:
 - Aplicar las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
 - Ordenar la demolición del lote y su reconstrucción, a expensas del Contratista.
- 6 Demoler el lote y reconstruir a expensas del Contratista.
- 7 Si la integridad de losa presenta deficiencias, se pueden aplicar los siguientes criterios:
 - Reparar con resina epoxi los bordes de losas y labios de juntas desconchados.
 - Las losas no deberán presentar grietas; se podrán aceptar pequeñas fisuras de retracción plástica, de efecto superficial y se podrá exigir su sellado.
 - Si una losa presenta una grieta única y no ramificada, sensiblemente paralela a la junta, se podrá aceptar si se realizan las siguientes operaciones:
 - Si la junta más próxima a la grieta no se ha abierto, se instalarán pasadores o barras de unión, con disposición similar a los existentes en la junta; sellar la grieta, previa regularización y cajeo de los labios.
 - Si la junta más próxima a la grieta se hubiere abierto, ésta se inyectará, tan pronto como sea posible, con resina epoxi, que mantenga unidos los labios y restablezca la continuidad de la losa.
 - En losas con otros tipos de grietas, como las esquinas, el Director de Obra puede:
 - Aceptar: La grieta se inyectará tan pronto como sea posible con una resina epoxi que mantenga unidos los labios y restablezca la continuidad de la losa.
 - Demoler parcialmente la zona afectada y posterior reconstrucción: ninguno de los elemento de la losa, después de la reconstrucción, podrá tener una de sus dimensiones inferior a 30 cm. La reposición se anclará mediante grapas al resto de la losa.
 - La recepción definitiva de una losa agrietada y no demolida, se efectuará solo si al final del período de garantía, las grietas no se han agravado, ni han originado daños a las losas vecinas.
 - En caso contrario a lo anterior, El Director de Obra podrá ordenar la total demolición y posterior reconstrucción de las losas agrietadas.
- 8 Aplicar al precio unitario del lote una penalización de 0,5% por cada mm de dicha merma.
- 9 Aplicar al precio unitario del lote una penalización de 1% por cada mm de merma media.

CRITERIOS DE ACEPTACION Y RECHAZO

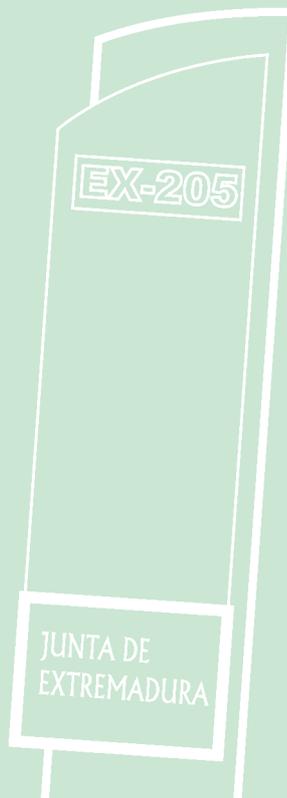
PAVIMENTOS DE HORMIGON

ACCIONES DE RESPUESTA

- 10** Dependiendo de la longitud del tramo controlado en que se excedan los límites, se procederá de alguna de las siguientes formas:
- Si se exceden en menos del 10% de la longitud del tramo controlado o de la longitud total de la obra, el Contratista elegirá entre:
 - Corregir los defectos de regularidad superficial mediante fresado, a su cargo.
 - Demoler el lote y retirarlo al vertedero.
 - Si se exceden en más del 10% de la longitud del tramo controlado o de la longitud total de la obra, se demolerá el lote y se retirará al vertedero por cuenta del Contratista.
- 11** Lo corregirá el Contratista a su cargo, mediante un fresado de espesor inferior a 1 cm, siempre que el espesor de la losa no sea inferior en 1 cm al previsto en el proyecto.
- 12** Realizar ensayos de información, para Artículo 551, Hormigón Magro Vibrado, así:
- Antes de transcurridos 26 días de puesta en obra, extraer del lote 6 testigos cilíndricos, según UNE 83302, situados aleatoriamente, que disten entre sí como mínimo 7 m
 - Se ensayarán a compresión simple, según UNE 83304, a la edad de 28 días, después de conservarlos durante las 48 horas anteriores al ensayo, según condiciones previstas en
- 13** Aplicar sanciones previstas en el Pliego de prescripciones técnicas particulares.
- 14** Se compensará la diferencia con un espesor adicional equivalente de la capa superior aplicado en toda la anchura de la sección tipo, por cuenta del Contratista.
- 15** Dependiendo de la longitud del tramo controlado en que se excedan los límites, se procederá de alguna de las siguientes formas:
- Si se exceden en menos del 10% de la longitud del tramo controlado, se tienen dos opciones:
 - Por cuenta del Contratista, corregir los defectos de regularidad superficial mediante fresado, siempre que no suponga reducir el espesor por debajo del especificado en los
 - Demoler el lote y retirarlo al vertedero, por cuenta del Contratista.
 - Si se exceden en más del 10% de la longitud del tramo controlado, se demolerá el lote y se retirará al vertedero por cuenta del Contratista.
- 16**
El Director de Obra puede aceptar la superficie, siempre que la capa superior a ella compense la merma con el espesor adicional necesario sin incremento de coste para la Administración.
- 17** Por cuenta del Contratista, corregir el exceso mediante fresado, siempre que no suponga reducir el espesor por debajo del especificado en los Planos y que el acabado superficial sea semejante al conjunto de la obra.

ANEJO D: CAMPAÑA DE AFOROS DE 2001

Recomendaciones para el Diseño
de Secciones de Firme
Carreteras de Extremadura



CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES SEGÚN LA CARRETERA

PROVINCIA DE BADAJOZ

- EX-100:** BA-0021, BA-0393, BA-0382, BA-0363, BA-2433.
- EX-101:** BA-0763, BA-0770, BA-0783, BA-2803.
- EX-103:** BA-2023, BA-0963, BA-0942, BA-0933, BA-3083, BA-4283, BA-1943, BA-0922, BA-0913, BA-0903, BA-0893, BA-0883, BA-0873, BA-2993, BA-0231, BA-4253, BA-0863, BA-1862, BA-0853.
- EX-104:** BA-4383, BA-3123, BA-1303, BA-1983, BA-0041, BA-4293, BA-1313, BA-1333, BA-1343.
- EX-105:** BA-4353, BA-1053, BA-4203, BA-0972, BA-1793, BA-2293, BA-1043, BA-0983, BA-1033, BA-4080, BA-1023, BA-2753, BA-1003, BA-4063.
- EX-106:** BA-6043, BA-6033, BA-1782, BA-3183.
- EX-107:** BA-4313, BA-1733, BA-0171, BA-0413, BA-0423, BA-4043, BA-0082.
- EX-110:** BA-2673, BA-0302, BA-4133, BA-0102, BA-0323, BA-4123.
- EX-111:** BA-6103, BA-6093, BA-6083.
- EX-112:** BA-0623, BA-0613, BA-4020, BA-0603, BA-0593, BA-4033.
- EX-113:** BA-1933.
- EX-114:** BA-1440.
- EX-115:** BA-3153, BA-1753, BA-6023, BA-6013, BA-6003.
- EX-116:** BA-1503.
- EX-200:** BA-3213, BA-4263.
- EX-201:** BA-3263, BA-1853, BA-2041, BA-4013.
- EX-202:** BA-0843, BA-1873, BA-0833, BA-4243, BA-4003, BA-0813.
- EX-206:** BA-1283, BA-1293, BA-0161, BA-4373, BA-1683.
- EX-209:** BA-1603, BA-4173, BA-4163, BA-0130, BA-2463
- EX-210:** BA-4213, BA-1242, BA-1233.
- EX-212:** BA-6063, BA-6073.
- EX-300:** BA-4103, BA-1123, BA-4093.
- EX-301:** BA-0733.
- EX-303:** BA-6113, BA-4143.
- EX-306:** BA-6053.
- EX-308:** BA-4433, BA-1063.
- EX-309:** BA-1273, BA-1163.
- EX-310:** BA-4323, BA-2282, BA-0743.
- EX-311:** BA-0723.

- EX-312: BA-0713.
- EX-313: BA-0653.
- EX-314: BA-0633.
- EX-315: BA-4053, BA-0433.
- EX-316: BA-4073.
- EX-317: BA-1113.
- EX-318: BA-0803.
- EX-320: BA-0702, BA-0693, BA-0673.
- EX-322: BA-1373, BA-2003.
- EX-324: BA-4153, BA-0333.
- EX-325: BA-03.
- EX-326: BA-0353.
- EX-327: BA-0403, BA-4193.
- EX-328: BA-4183.
- EX-334: BA-1903, BA-1173, BA-4223.
- EX-335: BA-0192.
- EX-336: BA-1183.
- EX-338: BA-1203.
- EX-342: BA-1073,BA-1083.
- EX-343: BA-1093.
- EX-344: BA-1193.
- EX-345: BA-1953, BA-1963, BA-1253.
- EX-346: BA-4363, BA-1673, BA-1413, BA-1423, BA-1433.
- EX-347: BA-4393.
- EX-348: BA-1353.
- EX-349: BA-1393.
- EX-350: BA-6123.
- EX-351: BA-4443, BA-0251.
- EX-354: BA-1403.
- EX-360: BA-1143.
- EX-361: BA-1133.
- EX-362: BA-1153.
- EX-363: BA-1263, BA-4113.
- EX-364: BA-0493.

PROVINCIA DE CÁCERES

- EX-100: CC-4013, CC-3162, CC-0933, CC-0953.
- EX-102: CC-1433, CC-1423, CC-0182, CC-4003, CC-1403, CC-1393, CC-1383, CC-3061, CC-4043, CC-3153, CC-1373, CC-1363.
- EX-106: CC-6213.
- EX-108: CC-6333, CC-6043, CC-6053, CC-6063, CC-6073, CC-6000, CC-6083, CC-60, CC-6022, CC-6103, CC-6113.
- EX-109: CC-4083, CC-4073, CC-0141, CC-3083, CC-1053, CC-1063, CC-00, CC-4063, CC-0112, CC-4053, CC-6123.
- EX-110: CC-1523.
- EX-116: CC-6143, CC-1812, CC-1803, CC-6133.
- EX-117: CC-4293, CC-4313, CC-4323, CC-4303, CC-1672, CC-1683, CC-6223, CC-4333.
- EX-118: CC-6153, CC-1833, CC-1853, CC-1872, CC-1893.
- EX-119: CC-0211, CC-1653, CC-4423, CC-3123.
- EX-203: CC-6033, CC-1193, CC-5003, CC-1213, CC-0121, CC-1243, CC-3133, CC-1250, CC-1273.
- EX-204: CC-1083, CC-3101, CC-4103, CC-1103, CC-1113, CC-4093.
- EX-205: CC-1123, CC-1173, CC-3093, CC-1133, CC-4143, CC-4133, CC-4123, CC-1143, CC-1153, CC-4113.
- EX-206: CC-3013, CC-1443, CC-1463, CC-6273, CC-0192, CC-4153, CC-4163.
- EX-207: CC-4243, CC-1493, CC-4203, CC-3050, CC-4253, CC-1503, CC-5013, CC-0163, CC-4263.
- EX-208: CC-4023, CC-0233, CC-1283, CC-3142, CC-4033, CC-1313, CC-0221, CC-1333, CC-1353.
- EX-302: CC-4183, CC-4213, CC-3073, CC-4233, CC-4223, CC-4193.
- EX-303: CC-4173.
- EX-354: CC-4361.
- EX-355: CC-1773.
- EX-370: CC-0292, CC-1623, CC-6233.
- EX-371: CC-4273.
- EX-372: CC-1703, CC-1713.
- EX-373: CC-4283.
- EX-374: CC-1733, CC-1753, CC-4343.
- EX-376: CC-4353.
- EX-378: CC-4372, CC-1793.
- EX-380: CC-4380.
- EX-381: CC-6323, CC-1583, CC-4393, CC-4403.
- EX-382: CC-4413.
- EX-383: CC-6203.
- EX-384: CC-6293.
- EX-386: CC-6303.
- EX-389: CC-4433.
- EX-390: CC-1533, CC-1553, CC-1563, CC-5023.
- EX-391: CC-6313.
- EX-392: CC-4443, CC-3183, CC-3172.

CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE AFORO SEGÚN SU CATEGORÍA DE TRÁFICO

T00	T0	T1	T2	T31	T32	T41	T42	
	BA-0021	BA-0763	BA-0041	CC-0112	BA-03	BA-0082	BA-0333	BA-0633
	BA-2433	BA-1683	BA-0102	CC-0121	BA-0403	BA-0231	BA-0353	BA-0653
	CC-00	BA-4093	BA-0130	CC-0141	BA-0413	BA-0423	BA-0593	BA-0693
	CC-1053	BA-4123	BA-0161	CC-0192	BA-0623	BA-0433	BA-0673	BA-1113
	CC-3083	CC-1443	BA-0171	CC-0211	BA-0713	BA-0493	BA-0723	BA-1242
	CC-60	CC-4063	BA-0192	CC-0221	BA-0733	BA-0702	BA-0863	BA-1353
	CC-6022	CC-4073	BA-0251	CC-0292	BA-0743	BA-0803	BA-1133	BA-1373
	CC-6113	CC-4163	BA-0302	CC-0933	BA-0783	BA-0813	BA-1163	BA-1393
		CC-4313	BA-0323	CC-0953	BA-0833	BA-0843	BA-1183	BA-1963
		CC-6043	BA-0363	CC-1063	BA-0853	BA-0873	BA-1233	BA-4433
		CC-6053	BA-0382	CC-1193	BA-0913	BA-0883	BA-1253	BA-6113
		CC-6063	BA-0393	CC-1213	BA-0942	BA-0893	BA-1273	BA-6123
		CC-6073	BA-0603	CC-1243	BA-0963	BA-0903	BA-1343	CC-0163
		CC-6213	BA-0582	CC-1273	BA-0983	BA-0933	BA-1503	CC-1313
			BA-0613	CC-1283	BA-1023	BA-1003	BA-4073	CC-1433
			BA-0770	CC-1353	BA-1033	BA-1063	BA-4143	CC-4193
			BA-0922	CC-1363	BA-1083	BA-1093	BA-6003	CC-4263
			BA-0972	CC-1373	BA-1093	BA-1143	BA-6013	CC-4333
			BA-1043	CC-1383	BA-1153	BA-1173	BA-6023	CC-4433
			BA-1053	CC-1393	BA-1173	BA-1193	CC-0182	
			BA-1073	CC-1403	BA-1263	BA-1263	CC-1143	
			BA-1123	CC-1463	BA-1673	BA-1853	CC-1423	
			BA-1203	CC-1523	BA-1753	BA-1862	CC-1563	
			BA-1283	CC-1623	BA-1853	BA-1873	CC-1753	
			BA-1293	CC-1672	BA-1862	BA-1903	CC-1833	
			BA-1303	CC-3013	BA-1873	BA-2282	CC-1853	
			BA-1313	CC-3050	BA-1903	BA-2753	CC-3073	
			BA-1403	CC-3061	BA-2282	BA-2803	CC-3142	
			BA-1413	CC-3133	BA-2753	BA-3153	CC-4003	
			BA-1423	CC-3153	BA-2803	BA-3213	CC-4093	
			BA-1433	CC-3162	BA-3153	BA-3263	CC-4123	
			BA-1440	CC-3172	BA-3213	BA-4063	CC-4173	
			BA-1603	CC-3183	BA-3263	BA-4113	CC-4223	
			BA-1733	CC-4013	BA-4063	BA-4193	CC-4353	
			BA-1782	CC-4043	BA-4113	BA-4243	CC-4380	
			BA-1793	CC-4053	BA-4193	BA-4253	CC-5013	
			BA-1933	CC-4083	BA-4243	BA-6043	CC-6153	
			BA-1943	CC-4153	BA-4253	BA-6053		
			BA-1983	CC-4203	BA-6043	BA-6063		
			BA-2023	CC-4243	BA-6053	BA-6073		
			BA-2041	CC-4273	BA-6063	BA-6083		
			BA-2293	CC-4393	BA-6073	BA-6103		
			BA-2463	CC-4403	BA-6083	CC-0233		
			BA-2673	CC-4413	BA-6103	CC-1083		
			BA-3123	CC-4423	CC-0233	CC-1103		
			BA-3183	CC-4443	CC-1083	CC-1123		
			BA-4013	CC-4473	CC-1103	CC-1173		
			BA-4020	CC-4503	CC-1123	CC-1250		
			BA-4080	CC-4593	CC-1173	CC-1333		
			BA-4103	CC-4603	CC-1250	CC-1493		
			BA-4103	CC-4623	CC-1333	CC-1503		
			BA-4133	CC-4673	CC-1493	CC-1533		
			BA-4163	CC-4733	CC-1503	CC-1553		
			BA-4173	CC-4773	CC-1533	CC-1553		
			BA-4183	CC-5003	CC-1553	CC-1683		
			BA-4203	CC-6000	CC-1683	CC-1773		
			BA-4213	CC-6033	CC-1773	CC-1793		
			BA-4213	CC-6083	CC-1793	CC-1893		
			BA-4223	CC-6103	CC-1893	CC-3101		
			BA-4263	CC-6123	CC-3101	CC-3123		
			BA-4293	CC-6203	CC-3123	CC-4023		
			BA-4313	CC-6233	CC-4023	CC-4103		
			BA-4323	CC-6273	CC-4103	CC-4113		
			BA-4353	CC-6293	CC-4113	CC-4143		
			BA-4363		CC-4143	CC-4213		
			BA-4373		CC-4213	CC-4253		
			BA-4383		CC-4253	CC-4323		
			BA-4393		CC-4323	CC-4361		
			BA-4443		CC-4361	CC-6143		
			BA-6033		CC-6143	CC-6223		
					CC-6223	CC-6313		
					CC-6313	CC-6323		
					CC-6323	CC-6333		



CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE AFORO SEGÚN SU TIPOLOGÍA

PERMANENTES	PRIMARIAS	SECUNDARIAS	DE COBERTURA			
BA-0130	BA-0021	A-0082	BA-05	BA-1413	BA-6043	CC-4033
BA-0770	BA-0041	BA-0102	BA-0323	BA-1423	BA-6053	CC-4043
BA-1440	BA-0161	BA-0192	BA-0353	BA-1433	BA-6063	CC-4053
BA-4020	BA-0171	BA-0302	BA-0353	BA-1503	BA-6073	CC-4063
BA-4080	BA-0231	BA-0382	BA-0363	BA-1603	BA-6083	CC-4073
CC-1250	BA-0251	BA-0702	BA-0393	BA-1673	BA-6093	CC-4083
CC-3050	BA-2041	BA-0922	BA-0403	BA-1683	BA-6103	CC-4093
CC-4380	CC-0121	BA-0942	BA-0413	BA-1733	BA-6113	CC-4103
CC-6000	CC-0141	BA-0972	BA-0423	BA-1753	BA-6123	CC-4113
	CC-0211	BA-1242	BA-0433	BA-1793	CC-00	CC-4123
	CC-0221	BA-1782	BA-0493	BA-1853	CC-0163	CC-4133
	CC-3061	BA-1862	BA-0593	BA-1873	CC-0233	CC-4143
	CC-3101	BA-2282	BA-0603	BA-1903	CC-0933	CC-4153
	CC-4361	CC-0112	BA-0613	BA-1933	CC-0953	CC-4163
		CC-0182	BA-0623	BA-1943	CC-1053	CC-4173
		CC-0192	BA-0633	BA-1953	CC-1063	CC-4183
		CC-0292	BA-0653	BA-1963	CC-1083	CC-4193
		CC-1672	BA-0673	BA-1983	CC-1103	CC-4203
		CC-1812	BA-0693	BA-2003	CC-1113	CC-4213
		CC-1872	BA-0713	BA-2023	CC-1123	CC-4223
		CC-3142	BA-0723	BA-2293	CC-1133	CC-4233
		CC-3162	BA-0733	BA-2433	CC-1143	CC-4243
		CC-3172	BA-0743	BA-2463	CC-1153	CC-4253
		CC-4372	BA-0763	BA-2673	CC-1173	CC-4263
		CC-6022	BA-0783	BA-2753	CC-1193	CC-4273
			BA-0803	BA-2803	CC-1213	CC-4283
			BA-0813	BA-2993	C-1243	CC-4293
			BA-0833	BA-3083	CC-1273	CC-4303
			BA-0843	BA-3123	CC-1283	CC-4313
			BA-0853	BA-3153	CC-1313	CC-4323
			BA-0863	BA-3183	CC-1333	CC-4333
			BA-0873	BA-3213	CC-1353	CC-4343
			BA-0883	BA-3263	CC-1363	CC-4353
			BA-0893	BA-4003	CC-1373	CC-4393
			BA-0903	BA-4013	CC-1383	CC-4403
			BA-0913	BA-4033	CC-1393	CC-4413
			BA-0933	BA-4043	CC-1403	CC-4423
			BA-0963	BA-4053	CC-1423	CC-4433
			BA-0983	BA-4063	CC-1433	CC-4443
			BA-1003	BA-4073	CC-1443	CC-5003
			BA-1023	BA-4093	CC-1463	CC-5013
			BA-1033	BA-4103	CC-1493	CC-5023
			BA-1043	BA-4113	CC-1503	CC-60
			BA-1053	BA-4123	CC-1523	CC-6033
			BA-1063	BA-4133	CC-1533	CC-6043
			BA-1073	BA-4143	CC-1553	CC-6053
			BA-1083	BA-4153	CC-1563	CC-6063
			BA-1093	BA-4163	CC-1583	CC-6073
			BA-1113	BA-4173	CC-1623	CC-6083
			BA-1123	BA-4183	CC-1653	CC-6103
			BA-1133	BA-4193	CC-1683	CC-6113
			BA-1143	BA-4203	CC-1703	CC-6123
			BA-1153	BA-4213	CC-1713	CC-6133
			BA-1163	BA-4223	CC-1733	CC-6143
			BA-1173	BA-4243	CC-1753	CC-6153
			BA-1183	BA-4253	CC-1773	CC-6203
			BA-1193	BA-4263	CC-1793	CC-6213
			BA-1203	BA-4283	CC-1803	CC-6223
			BA-1233	BA-4293	CC-1833	CC-6233
			BA-1253	BA-4313	CC-1853	CC-6273
			BA-1263	BA-4323	CC-1893	CC-6293
			BA-1273	BA-4353	CC-3013	CC-6303
			BA-1283	BA-4363	CC-3073	CC-6313
			BA-1293	BA-4373	CC-3083	CC-6323
			BA-1303	BA-4383	CC-3093	CC-6333
			BA-1313	BA-4393	CC-3123	
			BA-1333	BA-4433	CC-3133	
			BA-1343	BA-4443	CC-3153	
			BA-1353	BA-6003	CC-3183	
			BA-1373	BA-6013	CC-4003	
			BA-1393	BA-6023	CC-4013	
			BA-1403	BA-6033	CC-4023	

PROVINCIA DE BADAJOZ

Código	Vía	Municipio	P.K.	Categoría de tráfico	IMD	IMD vehículos ligeros	IMD vehículos pesados	% vehículos pesados	Tipo
BA-0021	EX-100	BADAJOZ	0	T0	14886	12662	2225	15	Primaria
BA-0041	EX-104	CASTUERA	35	T2	2165	1879	286	13	Primaria
BA-0082	EX-107	VILANUEVA DEL FRESNO	71	T32	634	537	98	15	Secundaria
BA-0102	EX-110	ALBURQUERQUE	34.8	T2	2050	1773	277	14	Secundaria
BA-0130	EX-209	MONTIJO	28	T2	3235	2929	306	9	Permanente
BA-0161	EX-206	DON BENITO	92.9	T2	4863	4426	437	9	Primaria
BA-0171	EX-107	OLIVENZA	22.8	T2	5369	4943	426	8	Primaria
BA-0192	EX-335	PALOMAS	4.9	T2	1049	783	266	25	Secundaria
BA-0231	EX-103	SALIDA DE LLERENA A VALENCIA	184.3	T32	659	580	79	12	Primaria
BA-0251	EX-351	VILLANUEVA DE LA SERNA	5	T2	3604	3211	394	11	Primaria
BA-03	EX-325	VILLAR DEL REY	8	T31	896	771	126	14	De cobertura
BA-0302	EX-110	SAN VICENTE DE ALCANTARA	14.7	T2	1478	1261	218	15	Secundaria
BA-0323	EX-110	BOTOA	52	T2	5335	4570	766	14	De cobertura
BA-0333	EX-324	HERRERUELA	20	T41	305	259	45	15	De cobertura
BA-0353	EX-326	VILLAR DEL REY	5	T41	212	182	30	14	De cobertura
BA-0363	EX-100	G-VORA	70	T2	3450	2927	523	15	De cobertura
BA-0382	EX-100	LA ROCA DE LA SIERRA	52	T2	3543	3012	531	15	Secundaria
BA-0393	EX-100	PUEBLA DE OBANDO	45	T2	3431	2912	519	15	De cobertura
BA-0403	EX-327	LA ROCA DE LA SIERRA	5	T31	999	850	149	15	De cobertura
BA-0413	EX-107	SANTO DOMINGO	35	T31	1627	1491	137	8	De cobertura
BA-0423	EX-107	ALCONCHEL	53	T32	665	611	54	8	De cobertura
BA-0433	EX-315	CHELES	19	T32	404	342	62	15	De cobertura
BA-0493	EX-364	LOS SANTOS DE MAIMONA	4	T32	808	743	65	8	De cobertura
BA-0593	EX-112	ENTRE OLIVA F. - CRUCE BAV212	51	T41	512	469	43	8	De cobertura
BA-0603	EX-112	OLIVA DE LA FRONTERA	38	T2	2028	1815	214	11	De cobertura
BA-0613	EX-112	BURGUILLOS DEL CERRO	12	T2	1893	1690	203	11	De cobertura
BA-0623	EX-112	BURGUILLOS DEL CERRO	3	T31	2404	2209	195	8	De cobertura
BA-0633	EX-314	CHELES	14	T42	153	128	25	16	De cobertura
BA-0653	EX-313	ALCONCHEL	10	T42	288	263	25	9	De cobertura
BA-0673	EX-320	BARCARROTA - SALVALEON	42	T41	488	445	43	9	De cobertura
BA-0693	EX-320	SALVATIERRA B. - LA LAPA	25	T42	210	194	15	7	De cobertura
BA-0702	EX-320	ZAFRA - SALVATIERRA B.	0	T32	921	855	67	7	Secundaria
BA-0713	EX-312	ALCONCHEL	5	T31	957	817	140	15	De cobertura
BA-0723	EX-311	HIGUERA DE VARGAS	5	T41	173	143	29	17	De cobertura
BA-0733	EX-301	HIGUERA LA REAL	6	T31	455	353	112	25	De cobertura
BA-0743	EX-310	VALVERDE DE LEGANÉS	20	T31	1551	1426	124	8	De cobertura
BA-0763	EX-101	ZAFRA	3	T1	6588	5501	1087	17	De cobertura
BA-0770	EX-101	ZAFRA	9.3	T2	4311	3596	715	17	Permanente
BA-0783	EX-101	VALVERDE DE BURGUILLOS	21.5	T31	1423	1267	156	11	De cobertura
BA-0803	EX-318	CABEZA LA VACA	5.6	T32	526	451	74	14	De cobertura
BA-0813	EX-202	SEGURA DE LEON	59	T32	401	345	57	14	De cobertura
BA-0833	EX-202	BIENVENIDA	23	T31	1526	1345	181	12	De cobertura
BA-0843	EX-202	VALENCIA DE LAS T. - USAGRE	10	T32	393	333	60	15	De cobertura
BA-0853	EX-103	VENTA DEL CULEBRIN	221	T31	693	569	124	18	De cobertura

Código	Vía	Municipio	P.K.	Categoría de tráfico	IMD	IMD vehículos ligeros	IMD vehículos pesados	% vehículos pesados	Tipo
BA-0863	EX-103	PALLARÉS	203	T41	152	125	26	17	De cobertura
BA-0873	EX-103	VALENCIA T. - HIGUERA DE LLER	172	T32	578	507	70	12	De cobertura
BA-0883	EX-103	VALENCIA DE LAS TORRES	149	T32	553	486	67	12	De cobertura
BA-0893	EX-103	CAMPILLO DE LLERENA	128	T32	780	688	92	12	De cobertura
BA-0903	EX-103	RETAMAL	124	T32	722	625	97	13	De cobertura
BA-0913	EX-103	HIGUERA DE LA SERNA	109	T31	786	680	106	14	De cobertura
BA-0922	EX-103	HIGUERA DE LA SERENA	105.4	T2	1933	1678	255	13	Secundaria
BA-0933	EX-103	CAMPANARIO	73	T32	415	323	92	22	De cobertura
BA-0942	EX-103	PUEBLA DE ALCOCER	50	T31	887	698	189	21	Secundaria
BA-0963	EX-103	PUEBLA DE ALCOCER	43	T31	673	529	144	21	De cobertura
BA-0972	EX-105	GUAREÑA	25.2	T2	1387	1136	250	18	Secundaria
BA-0983	EX-105	TORREMEJIAS	50	T31	651	529	122	19	De cobertura
BA-1003	EX-105	VALVERDE DE LEGANES	124	T32	968	888	81	8	De cobertura
BA-1023	EX-105	SANTA MARTA	96	T31	1250	1146	104	8	De cobertura
BA-1033	EX-105	SANTA MARTA	53	T31	2091	1916	175	8	De cobertura
BA-1043	EX-105	ZARZA DE ALANGE	45	T2	1385	1081	304	22	De cobertura
BA-1053	EX-105	MENGABRIL	15	T2	2823	2548	276	10	De cobertura
BA-1063	EX-308	LIMITE CON CORDOBA	15	T32	471	419	52	11	De cobertura
BA-1073	EX-342	RIBERA DEL FRESNO	8	T2	2130	1879	250	12	De cobertura
BA-1083	EX-342	PUEBLA DEL PRIOR	16	T31	949	834	115	12	De cobertura
BA-1093	EX-343	HORNACHOS	14	T31	553	403	151	27	De cobertura
BA-1113	EX-317	OLIVA DE LA FRONTERA	9	T42	132	118	14	10	De cobertura
BA-1123	EX-300	SOLANA DE LOS BARROS	44	T2	4128	3794	334	8	De cobertura
BA-1133	EX-361	VILLALBA DE LOS BARROS	5	T41	389	347	41	11	De cobertura
BA-1143	EX-360	VILLAFRANCA DE LOS BARROS	5	T31	1053	938	115	11	De cobertura
BA-1153	EX-362	FUENTE DEL MAESTRE	3	T31	1226	1085	141	11	De cobertura
BA-1163	EX-309	VALVERDE DE LLERENA	9	T41	402	357	45	11	De cobertura
BA-1173	EX-334	VILLAFRANCA DE LOS BARROS	10	T31	974	854	120	12	De cobertura
BA-1183	EX-336	OLIVA DE MERIDA	5	T41	311	276	36	11	De cobertura
BA-1193	EX-344	HORNACHOS	9	T31	668	497	171	26	De cobertura
BA-1203	EX-338	OLIVA DE MÉRIDA	5	T2	1889	1676	213	11	De cobertura
BA-1233	EX-210	RETAMAL	28	T41	179	152	27	15	De cobertura
BA-1242	EX-210	PUEBLA DE LA REINA	13.5	T42	125	111	14	11	Secundaria
BA-1253	EX-345	VALLE DE LA SERENA	37	T41	168	141	27	16	De cobertura
BA-1263	EX-363	TALAVERA LA REAL	5	T31	1594	1455	139	9	De cobertura
BA-1273	EX-309	VALVERDE DE LLERENA	0	T41	266	234	31	12	De cobertura
BA-1283	EX-206	SANTA AMALIA	79	T2	3088	2829	259	8	De cobertura
BA-1293	EX-206	MEDELLIN	86	T2	2915	2636	279	10	De cobertura
BA-1303	EX-104	LA CORONADA	17	T2	3761	3393	368	10	De cobertura
BA-1313	EX-104	HELECHAL	54	T2	1074	840	234	22	De cobertura
BA-1333	EX-104	CABEZA DEL BUEY	70	T32	894	799	95	11	De cobertura
BA-1343	EX-104	CABEZA DEL BUEY	77	T41	270	241	29	11	De cobertura
BA-1353	EX-348	MAGACELA	3	T42	71	52	18	26	De cobertura
BA-1373	EX-322	ZARZA-CAPILLA	12	T42	189	169	20	10	De cobertura
BA-1393	EX-349	CAMPANARIO	5	T42	175	155	19	11	De cobertura
BA-1403	EX-354	VILLAR DE RENA	7	T2	2151	1912	239	11	De cobertura

Código	Vía	Municipio	P.K.	Categoría de tráfico	IMD	IMD vehículos ligeros	IMD vehículos pesados	% vehículos pesados	Tipo
BA-1413	EX-346	LA HABA	10	T2	2173	1971	202	9	De cobertura
BA-1423	EX-346	LA GUARDA	20	T2	2048	1739	309	15	De cobertura
BA-1433	EX-346	QUINTANA DE LA SERENA	29	T2	2328	1709	619	27	De cobertura
BA-1440	EX-114	QUINTANA DE LA SERNA	5.1	T2	2475	1894	581	23	Permanente
BA-1503	EX-116	OBANDO	4	T41	413	367	46	11	De cobertura
BA-1603	EX-209	MERIDA	5	T2	3784	3471	313	8	De cobertura
BA-1673	EX-346	LA HABA	5	T31	2072	1881	191	9	De cobertura
BA-1683	EX-206	VILLANUEVA DE LA SERENA	100	T1	17040	15527	1513	9	De cobertura
BA-1733	EX-107	SAN FRANCISCO DE OLIVENZA	13	T2	5132	4721	411	8	De cobertura
BA-1753	EX-115	CAMPANARIO	13	T31	884	739	145	16	De cobertura
BA-1782	EX-106	RUECAS	14.8	T2	2438	2204	234	10	Secundaria
BA-1793	EX-105	VILLAGONZALO	33	T2	1887	1601	286	15	De cobertura
BA-1853	EX-201	SEGURA DE LEON	35	T31	1048	897	151	14	De cobertura
BA-1862	EX-103	PALLARES	210	T31	607	505	102	17	Secundaria
BA-1873	EX-202	USAGRE -CRUCE CTRA. LLERA	19	T31	672	570	101	15	De cobertura
BA-1903	EX-334	VILAFRANCA DE LOS BARROS	0.5	T31	1133	943	189	17	De cobertura
BA-1933	EX-113	ZALAMEA DE LA SERENA	1	T2	4023	3414	609	15	De cobertura
BA-1943	EX-103	CASTUERA	94	T2	1680	1313	366	22	De cobertura
BA-1953	EX-345	DON BENITO	6	T32	588	528	60	10	De cobertura
BA-1963	EX-345	VALLE DE LA SERENA	19	T42	102	91	11	11	De cobertura
BA-1983	EX-104	CAMPANARIO	26	T2	2451	2138	313	13	De cobertura
BA-2003	EX-322	PUEBLA DE ALCOCER	31	T32	312	243	69	22	De cobertura
BA-2023	EX-103	TALARRUBIAS	38	T2	1387	1096	291	21	De cobertura
BA-2041	EX-201	SEGURA DE LEON	39.7	T2	2012	1727	285	14	Primaria
BA-2282	EX-310	BADAJEZ	12	T31	1189	1089	100	8	Secundaria
BA-2293	EX-105	ACEUCHAL	39	T2	4325	3785	540	12	De cobertura
BA-2433	EX-100	BADAJEZ	87.5	T0	13571	11535	2036	15	De cobertura
BA-2463	EX-209	PUEBLONUEVO DE GUADIANA	42	T2	2516	2266	250	10	De cobertura
BA-2673	EX-110	SAN VICENTE DE ALCANTARA	10	T2	1884	1606	278	15	De cobertura
BA-2753	EX-105	ALMENDRAL	111	T31	2343	2150	194	8	De cobertura
BA-2803	EX-101	FREGENAL DE LA SIERRA	42.5	T31	1038	911	127	12	De cobertura
BA-2993	EX-103	CASAS DE PILA - VILLA GARCÍA	183	T32	520	456	64	12	De cobertura
BA-3083	EX-103	CAMPANARIO	80	T32	381	298	83	22	De cobertura
BA-3123	EX-104	LA CORONADA	11	T2	4370	3953	417	10	De cobertura
BA-3153	EX-115	QUINTANA DE LA SERNA	1	T31	855	715	140	16	De cobertura
BA-3183	EX-106	DON BENITO	20	T2	3241	2898	343	11	De cobertura
BA-3213	EX-200	FUENTE DEL ARCO	15	T31	1027	855	172	17	De cobertura
BA-3263	EX-201	CABEZA LA VACA	30	T31	990	840	151	15	De cobertura
BA-4003	EX-202	FUENTE DE CANTOS	40	T32	413	362	51	12	De cobertura
BA-4013	EX-201	FREGENAL DE LA SIERRA	47	T2	2662	2447	215	8	De cobertura
BA-4020	EX-112	JEREZ DE LOS CABALLEROS	22.5	T2	2539	2276	263	10	Permanente
BA-4033	EX-112	VILLANUEVA DEL F. - OLIVA DE	70	T32	666	608	58	9	De cobertura
BA-4043	EX-107	VILLANUEVA DEL FRESNO	62.5	T32	818	748	69	8	De cobertura
BA-4053	EX-315	OLIVENZA	6	T32	500	446	54	11	De cobertura
BA-4063	EX-105	OLIVENZA	135	T31	1498	1382	117	8	De cobertura
BA-4073	EX-316	OLIVENZA	5	T41	522	480	42	8	De cobertura
BA-4080	EX-105	ALMENDRALEJO	71.6	T2	4247	3718	529	12	Permanente

Código	Vía	Municipio	P.K.	Categoría de tráfico	IMD	IMD vehículos ligeros	IMD vehículos pesados	% vehículos pesados	Tipo
BA-4093	EX-300	ALMENDRALEJO	56.5	T1	8980	7827	1153	13	De cobertura
BA-4103	EX-300	GUADAJIRA	26	T2	3639	3279	360	10	De cobertura
BA-4113	EX-363	LA ALBUERA	16	T31	1280	1165	115	9	De cobertura
BA-4123	EX-110	GÉVORA	70	T1	6393	5435	958	15	De cobertura
BA-4133	EX-110	ALBURQUERQUE	32	T2	1451	1245	206	14	De cobertura
BA-4143	EX-303	ALBURQUERQUE	65	T41	191	164	28	14	De cobertura
BA-4153	EX-324	ALBURQUERQUE	5	T32	371	319	52	14	De cobertura
BA-4163	EX-209	SAGRAJAS	26.9	T2	3075	2775	300	10	De cobertura
BA-4173	EX-209	TORREMAYOR	20	T2	1786	1556	230	13	De cobertura
BA-4183	EX-328	PUEBLA DE LA CALZADA	4	T2	5482	4816	666	12	De cobertura
BA-4193	EX-327	MONTIJO	23	T31	1327	1146	181	14	De cobertura
BA-4203	EX-105	ALMENDRALEJO	18.5	T2	1555	1354	200	13	De cobertura
BA-4213	EX-210	PUEBLA DE LA REINA	3	T2	1173	921	252	21	De cobertura
BA-4223	EX-334	PALOMAS	25	T2	815	609	206	25	De cobertura
BA-4243	EX-202	FUENTE DE CANTOS	35	T31	995	873	122	12	De cobertura
BA-4253	EX-103	LLERENA	196	T31	914	757	157	17	De cobertura
BA-4263	EX-200	CASAS DE REINA	4	T2	1281	1066	215	17	De cobertura
BA-4283	EX-103	CASTUERA	88	T32	334	261	73	22	De cobertura
BA-4293	EX-104	CASTUERA	43	T2	1445	1135	311	21	De cobertura
BA-4313	EX-107	BADAJOZ	3	T2	7303	6608	695	10	De cobertura
BA-4323	EX-310	BADAJOZ	3	T2	2616	2388	228	9	De cobertura
BA-4353	EX-105	DON BENITO	4	T2	3393	3085	309	9	De cobertura
BA-4363	EX-346	DON BENITO	0.5	T2	3220	2935	284	9	De cobertura
BA-4373	EX-206	DON BENITO	95.7	T2	5763	5243	520	9	De cobertura
BA-4383	EX-104	VILLANUEVA DE LA SERENA	3	T2	4860	4404	456	9	De cobertura
BA-4393	EX-347	VILLANUEVA DE LA SERENA	3	T2	1903	1689	215	11	De cobertura
BA-4433	EX-308	AZUAGA	3	T42	97	87	11	11	De cobertura
BA-4443	EX-351	RENA	0.8	T2	4835	4296	539	11	De cobertura
BA-6003	EX-115	NAVALVILLAR DE PELA	47	T41	281	251	30	11	De cobertura
BA-6013	EX-115	ORELLANA LA VIEJA	33	T41	363	323	40	11	De cobertura
BA-6023	EX-115	CAMPANARIO	20	T41	281	251	30	11	De cobertura
BA-6033	EX-106	RUECAS	12.5	T2	2274	2031	243	11	De cobertura
BA-6043	EX-106	VIVARES	8	T31	1854	1656	198	11	De cobertura
BA-6053	EX-306	LLERENA	0.7	T31	1609	1427	182	11	De cobertura
BA-6063	EX-212	LAS POLLATAS	9	T31	522	409	113	22	De cobertura
BA-6073	EX-212	PALOMAS	24	T31	504	398	107	21	De cobertura
BA-6083	EX-111	ZALAMEA DE LA SERENA	32	T31	740	626	114	15	De cobertura
BA-6093	EX-111	AZUAGA	20	T32	578	508	69	12	De cobertura
BA-6103	EX-111	AZUAGA	5	T31	684	520	164	24	De cobertura
BA-6113	EX-303	LIMITE CON CACERES	48	T42	118	101	17	15	De cobertura
BA-6123	EX-350	LA CORONADA	5	T42	61	54	6	10	De cobertura

PROVINCIA DE CÁCERES

Código	Vía	Municipio	P.K.	Categoría de tráfico	IMD	IMD vehículos ligeros	IMD vehículos pesados	% vehículos pesados	Tipo
CC-00	EX-109	MORALEJA	45	T0	6702	2985	3717	55	De cobertura
CC-0112	EX-109	PERALES DEL PUERTO	58	T2	1220	947	273	22	Secundaria
CC-0121	EX-203	JARAIZ	30.9	T2	3487	3097	390	11	Primaria
CC-0141	EX-109	TORREJONCILLO	18.1	T2	2691	2201	491	18	Primaria
CC-0163	EX-207	PIEDRAS ALBAS	60	T42	157	134	23	15	De cobertura
CC-0182	EX-102	GUADALUPE	170.9	T41	428	387	40	9	Secundaria
CC-0192	EX-206	VALDEFUENTES	34.6	T2	2955	2387	568	19	Secundaria
CC-0211	EX-119	NAVALMORAL DE LA MATA	0.9	T2	6091	5298	794	13	Primaria
CC-0221	EX-208	TRUJILLO	84	T2	2977	2666	311	10	Primaria
CC-0233	EX-208	TRUJILLO	75	T31	778	663	115	15	De cobertura
CC-0292	EX-370	PLASENCIA	4.6	T2	3793	3478	315	8	Secundaria
CC-0933	EX-100	PUERTO DE CLABIN	22	T2	5186	4682	504	10	De cobertura
CC-0953	EX-100	PUERTO DE CLABIN	35	T2	4318	3686	633	15	De cobertura
CC-1053	EX-109	CORIA	35	T0	5443	2381	3062	56	De cobertura
CC-1063	EX-109	MORALEJA	55.1	T2	1896	1638	258	14	De cobertura
CC-1083	EX-204	GUIJO DE CORIA	21	T31	985	863	121	12	De cobertura
CC-1103	EX-204	CAMINOMORISCO	50	T31	1068	911	158	15	De cobertura
CC-1113	EX-204	VEGAS DE CORIA	62	T32	634	544	89	14	De cobertura
CC-1123	EX-205	VALVERDE DEL FRESNO	20	T31	1386	1273	112	8	De cobertura
CC-1133	EX-205	VILLASBUENAS DE GATA	35	T32	665	586	79	12	De cobertura
CC-1143	EX-205	CEREZO	70	T41	234	206	29	12	De cobertura
CC-1153	EX-205	CEREZO	83	T32	484	414	70	14	De cobertura
CC-1173	EX-205	HERVAS	3	T31	1896	1788	109	6	De cobertura
CC-1193	EX-203	VALLEJERA	15	T2	2666	2364	301	11	De cobertura
CC-1213	EX-203	TEJADA DE TIETAR	27	T2	2824	2511	314	11	De cobertura
CC-1243	EX-203	CUACOS DE YUSTE	45	T2	2165	1671	494	23	De cobertura
CC-1250	EX-203	VIANDAR DE LA VERA	62.8	T31	1216	1061	156	13	Permanente
CC-1273	EX-203	MADRIGAL	80	T2	1674	1458	216	13	De cobertura
CC-1283	EX-208	VILLARREAL DE SAN CARLOS	12	T2	1293	1035	257	20	De cobertura
CC-1313	EX-208	ALDEA DE TRUJILLO	60	T42	418	394	24	6	De cobertura
CC-1333	EX-208	HERGUIJUELA	94	T31	1874	1681	193	10	De cobertura
CC-1353	EX-208	ZORITA	105	T2	1698	1270	428	25	De cobertura
CC-1363	EX-102	MIAJADAS	243	T2	2210	1655	555	25	De cobertura
CC-1373	EX-102	ALCOLLARIN	231	T2	866	648	218	25	De cobertura
CC-1383	EX-102	LOGROSAN	206	T2	1446	1079	368	25	De cobertura
CC-1393	EX-102	CAÑAMERO	192.9	T2	913	686	227	25	De cobertura
CC-1403	EX-102	CAÑAMERO	182.8	T2	1077	808	269	25	De cobertura
CC-1423	EX-102	ALIA	160	T41	385	347	39	10	De cobertura
CC-1433	EX-102	PUERO DE SAN VICENTE	145.3	T42	160	149	11	7	De cobertura
CC-1443	EX-206	LA ALBERCA	10	T1	7002	5999	1003	14	De cobertura
CC-1463	EX-206	TORREQUEMADA	20	T2	4463	3815	648	15	De cobertura
CC-1493	EX-207	NAVAS DEL MADROBO	23	T31	904	786	119	13	De cobertura
CC-1503	EX-207	VILLA DEL REY	46	T31	965	820	144	15	De cobertura
CC-1523	EX-110	SAN VICENTE DE ALCANTARA	5	T2	1778	1523	255	14	De cobertura

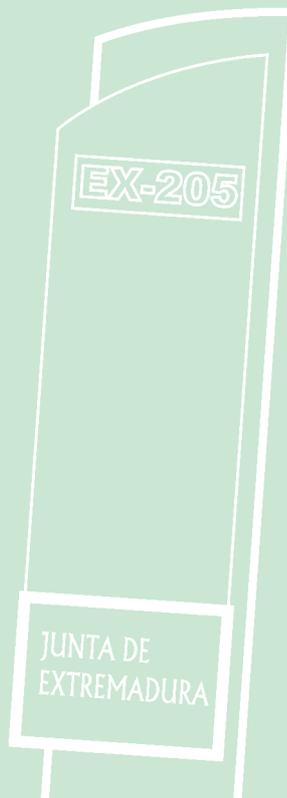
Código	Vía	Municipio	P.K.	Categoría de tráfico	IMD	IMD vehículos ligeros	IMD vehículos pesados	% vehículos pesados	Tipo
CC-1533	EX-390	CACERES	5	T31	1210	1031	179	15	De cobertura
CC-1553	EX-390	SANTIAGO DEL CAMPO	19.5	T31	825	702	122	15	De cobertura
CC-1563	EX-390	LAS MESTAS	35	T41	325	277	48	15	De cobertura
CC-1583	EX-381	RUANES	20	T32	532	466	67	13	De cobertura
CC-1623	EX-370	MONTEHERMOSO	19	T2	3239	2771	468	14	De cobertura
CC-1653	EX-119	TALAYUELA	15	T32	598	519	79	13	De cobertura
CC-1672	EX-117	MORALEJA	10.3	T2	1026	805	220	21	Secundaria
CC-1683	EX-117	ZARAZA LA MAYOR	14.5	T31	840	719	120	14	De cobertura
CC-1703	EX-372	ACEHUCHE	12	T32	352	301	51	14	De cobertura
CC-1713	EX-372	PORTEZUELO	25	T32	584	487	97	17	De cobertura
CC-1733	EX-374	LOS LAPONES	4	T32	773	694	79	10	De cobertura
CC-1753	EX-374	CHAMBELA	15	T41	310	264	46	15	De cobertura
CC-1773	EX-355	MADRIGALEJO	2	T31	941	826	115	12	De cobertura
CC-1793	EX-378	MADRIGALEJO	13	T31	835	731	104	12	De cobertura
CC-1803	EX-116	CAÑAMERO	26	T32	509	436	73	14	De cobertura
CC-1812	EX-116	VALDEPALACIOS	17.2	T32	591	505	86	15	Secundaria
CC-1833	EX-118	NAVALVILLAR DE IBOR	15.5	T41	327	296	30	9	De cobertura
CC-1853	EX-118	CASTAÑAR DE IBOR	25.5	T41	534	486	48	9	De cobertura
CC-1872	EX-118	BOHONAL DE IBOR	40.9	T32	822	747	74	9	Secundaria
CC-1893	EX-118	BOHONAL DE IBOR	52	T31	1188	1077	111	9	De cobertura
CC-3013	EX-206	CACERES	2	T2	8054	7399	655	8	De cobertura
CC-3050	EX-207	BROZAS	31.8	T2	1534	1310	224	15	Permanente
CC-3061	EX-102	ZORITA	218.7	T2	1535	1147	388	25	Primaria
CC-3073	EX-302	GARROVILLAS	13	T41	580	533	48	8	De cobertura
CC-3083	EX-109	CORIA	29	T0	5862	2553	3309	56	De cobertura
CC-3093	EX-205	EL POZITO	30.9	T32	594	503	91	15	De cobertura
CC-3101	EX-204	POZUELO DE ZARZON	23.3	T31	1569	1374	195	12	Primaria
CC-3123	EX-119	JARANDILLA	30	T31	1405	1266	139	10	De cobertura
CC-3133	EX-203	JARANDILLA	58	T2	1622	1413	209	13	De cobertura
CC-3142	EX-208	TORREJÓN EL RUBIO	32.8	T41	466	440	27	6	Secundaria
CC-3153	EX-102	ZORITA	223	T2	1356	1013	343	25	De cobertura
CC-3162	EX-100	CACERES	10.4	T2	3363	2929	434	13	Secundaria
CC-3172	EX-392	JARAIZ DE LA VERA	14.9	T2	3308	2519	788	24	Secundaria
CC-3183	EX-392	JARAIZ DE LA VERA	11	T2	2554	1949	605	24	De cobertura
CC-4003	EX-102	GUADALUPE	173.5	T41	448	401	47	10	De cobertura
CC-4013	EX-100	CACERES	2	T2	4478	3778	701	16	De cobertura
CC-4023	EX-208	PLASENCIA	3	T31	1617	1436	181	11	De cobertura
CC-4033	EX-208	TORREJON EL RUBIO	36	T32	468	396	72	15	De cobertura
CC-4043	EX-102	ZORITA	221	T2	1019	760	258	25	De cobertura
CC-4053	EX-109	PERALES DEL PUERTO	64.5	T2	919	712	207	23	De cobertura
CC-4063	EX-109	MORALEJA	49.5	T1	1929	853	1077	56	De cobertura
CC-4073	EX-109	PORTEZUELO	15	T1	2442	1061	1381	57	De cobertura
CC-4083	EX-109	PROTEZUELO	3	T2	2496	2173	323	13	De cobertura
CC-4093	EX-204	RIOMALO DE ABAJO	73.1	T41	253	216	37	15	De cobertura
CC-4103	EX-204	VILLANUEVA DE LA SIERRA	34	T31	1375	1204	171	12	De cobertura
CC-4113	EX-205	LA GRANJA	100	T31	1118	956	162	14	De cobertura
CC-4123	EX-205	VILLANUEVA DE LA SIERRA	54	T41	373	327	46	12	De cobertura

Código	Vía	Municipio	P.K.	Categoría de tráfico	IMD	IMD vehículos ligeros	IMD vehículos pesados	% vehículos pesados	Tipo
CC-4133	EX-205	VILLANUEVA DE LA SIERRA	50	T32	478	419	59	12	De cobertura
CC-4143	EX-205	HOYOS	38.1	T31	798	676	121	15	De cobertura
CC-4153	EX-206	TORRE DE SANTA MARIA	40	T2	2427	1817	610	25	De cobertura
CC-4163	EX-206	MIAJADAS	56	T1	3487	2613	875	25	De cobertura
CC-4173	EX-303	ALISEDA	3	T41	120	95	25	21	De cobertura
CC-4183	EX-302	GARROVILLAS	3	T32	1071	981	90	8	De cobertura
CC-4193	EX-302	NAVAS DEL MADROÑO	23	T42	195	179	15	8	De cobertura
CC-4203	EX-207	NAVAS DEL MADROÑO	27	T2	1480	1260	220	15	De cobertura
CC-4213	EX-302	BROZAS	29	T31	739	627	112	15	De cobertura
CC-4223	EX-302	HERRERUELA	9	T41	302	257	45	15	De cobertura
CC-4233	EX-302	HERRERUELA	5	T32	480	387	93	19	De cobertura
CC-4243	EX-207	ARROYO DE LA LUZ	3.8	T2	3966	3453	512	13	De cobertura
CC-4253	EX-207	BROZAS	38	T31	1122	952	170	15	De cobertura
CC-4263	EX-207	PIEDRAS ALBAS	65	T42	145	124	21	15	De cobertura
CC-4273	EX-371	TORREJONCILLO	10	T2	514	223	291	57	De cobertura
CC-4283	EX-373	CECLAVIN	5	T32	408	346	62	15	De cobertura
CC-4293	EX-117	PIEDRAS ALBAS	1.6	T32	568	483	86	15	De cobertura
CC-4303	EX-117	ZARZA LA MAYOR	10	T32	478	408	70	15	De cobertura
CC-4313	EX-117	MORALEJA	3	T1	1722	763	959	56	De cobertura
CC-4323	EX-117	ALCANTARA	5	T31	1155	982	173	15	De cobertura
CC-4333	EX-117	MEMBRIO	26	T42	113	100	14	12	De cobertura
CC-4343	EX-374	CEDILLO	20	T32	419	356	63	15	De cobertura
CC-4353	EX-376	HERRERA DE ALCANTARA	5	T41	270	232	39	14	De cobertura
CC-4361	EX-354	CAMPO LUGAR	22.8	T31	948	785	164	17	Primaria
CC-4372	EX-378	ZORITA	3.5	T32	546	479	67	12	Secundaria
CC-4380	EX-380	GUADALUPE	1	T41	578	532	46	8	Permanente
CC-4393	EX-381	TORRE DE SANTA MARIA	31	T2	1608	1406	201	13	De cobertura
CC-4403	EX-381	TORRE DE SANTA MARIA	35	T2	1104	822	282	25	De cobertura
CC-4413	EX-382	ALCUESCAR	2	T2	2214	1654	560	25	De cobertura
CC-4423	EX-119	TORRESECA	22	T2	2103	1419	684	33	De cobertura
CC-4433	EX-389	BAZAGONA	2	T42	81	70	11	14	De cobertura
CC-4443	EX-392	TORRESECA	2	T2	1479	1122	357	24	De cobertura
CC-5003	EX-203	VALLEJERA	19	T2	2510	2227	284	11	De cobertura
CC-5013	EX-207	ALCANTARA	52.5	T41	192	163	29	15	De cobertura
CC-5023	EX-390	TORREJON EL RUBIO	50	T32	376	311	65	17	De cobertura
CC-60	EX-108	PLASENCIA	55	T0	3669	1605	2063	56	De cobertura
CC-6000	EX-108	MALPARTIDA DE PLASENCIA	45	T2	2692	1971	721	27	Permanente
CC-6022	EX-108	GALISTEO	64.1	T0	4686	2027	2660	57	Secundaria
CC-6033	EX-203	PLASENCIA	4	T2	2629	2335	294	11	De cobertura
CC-6043	EX-108	NAVALMORAL DE LA MATA	6	T1	6919	5197	1722	25	De cobertura
CC-6053	EX-108	CASATEJADA	17	T1	5006	3760	1246	25	De cobertura
CC-6063	EX-108	TORIL	31.5	T1	7570	6592	978	13	De cobertura
CC-6073	EX-108	VALDEÍÑIGOS	35	T1	4369	3199	1170	27	De cobertura
CC-6083	EX-108	MALPARTIDA DE PLASENCIA	50	T2	2100	1538	562	27	De cobertura
CC-6103	EX-108	EL BATAN	76	T2	3398	2647	751	22	De cobertura
CC-6113	EX-108	CORIA	85.5	T0	4524	1979	2546	56	De cobertura
CC-6123	EX-109	PUERTO DE PERALES	68.5	T2	890	687	202	23	De cobertura

Código	Vía	Municipio	P.K.	Categoría de tráfico	IMD	IMD vehículos ligeros	IMD vehículos pesados	% vehículos pesados	Tipo
CC-6133	EX-116	CAÑAMERO	33.5	T32	424	362	62	15	De cobertura
CC-6143	EX-116	VALDEPALACIOS	11	T31	862	738	125	14	De cobertura
CC-6153	EX-118	GUADALUPE	3.2	T41	610	562	49	8	De cobertura
CC-6203	EX-383	CACERES	0.3	T2	3682	3389	293	8	De cobertura
CC-6213	EX-106	MIAJADAS	3	T1	3807	2851	957	25	De cobertura
CC-6223	EX-117	ZARZA LA MAYOR	25	T31	619	482	137	22	De cobertura
CC-6233	EX-370	POZUELO DE ZARZON	33	T2	1929	1693	236	12	De cobertura
CC-6273	EX-206	TORREMOCHA	27	T2	3634	3107	527	15	De cobertura
CC-6293	EX-384	MADRIGAL DE LA VERA	3	T2	1792	1558	235	13	De cobertura
CC-6303	EX-386	TALAVERUELA	1	T32	428	372	57	13	De cobertura
CC-6313	EX-391	CUACOS DE YUSTE	2	T31	503	387	116	23	De cobertura
CC-6323	EX-381	TRUJILLO	5	T31	959	771	188	20	De cobertura
CC-6333	EX-108	ZARZA LA MAYOR	2	T31	492	380	111	23	De cobertura

ANEJO E: ESTUDIO DE TRÁFICO

Recomendaciones para el Diseño
de Secciones de Firme
Carreteras de Extremadura



E.1. Introducción

Este anejo explica los pasos necesarios para calcular los ejes equivalente de 13 t o la categoría de tráfico a partir de un estudio detallado del tráfico en el que se disponga de alguna de las dos siguientes informaciones:

- El espectro de cargas de los ejes de vehículos: obtenido mediante pesaje dinámico o estático, o.
- La tipología de vehículos que circulan obtenida mediante identificación visual del tipo de vehículo o un estudio de tráfico o transporte (método simplificado).

En el caso de disponer del espectro de cargas, se podrán obtener los ejes equivalente de 13 t de forma directa siguiendo lo indicado en el apartado E.4. Si la información de la que se dispone es la tipología de vehículos, se deberá obtener un espectro de cargas con la distribución del peso de los ejes. Estos valores se obtendrán por el procedimiento indicado en el apartado E.3.

E.2. Definiciones

Se considera necesario definir algunos términos antes de abordar los siguientes apartados.

- **Vehículo:** aparato apto para circular por las vías o terrenos a que se refiere el art. 2 de la Ley sobre Tráfico, Circulación de vehículos a Motor y Seguridad Vial.
- **Automóvil:** vehículo provisto de motor que sirve, normalmente, para el transporte de personas o cosas, o de ambas al la vez, o para la tracción de otros vehículos con aquel fin. Se excluyen de esta definición los vehículos especiales.
- **Vehículo especial:** vehículo, autopropulsado o remolcado, concebido y construido para realizar obras o servicios determinados y que, por sus características, está exceptuado de cumplir alguna de las condiciones técnicas exigidas legalmente o sobrepasa permanentemente los límites establecidos en la legislación para masas o dimensiones, así como la maquinaria agrícola y sus remolques.

A efectos de este trabajo se establece la siguiente clasificación de vehículos:

- **Turismo:** automóvil destinado al transporte de personas que tenga, por lo menos, cuatro ruedas y que tenga, además del asiento del conductor, ocho plazas como máximo.
- **Derivado de turismo:** automóvil destinado a servicios o a transporte exclusivo de mercancías, derivado de un turismo del cual conserva la carrocería y dispone únicamente de una fila de asientos.
- **Furgón/furgoneta:** automóvil con cuatro ruedas o más, concebido y construido para el transporte de mercancías, cuya cabina está integrada en el resto de la carrocería y con un máximo de 9 plazas, incluido el conductor.
- **Camión:** automóvil con cuatro ruedas o más, concebido y construido para el transporte de mercancías, cuya cabina no está integrada en el resto de la carrocería y con un máximo de 9 plazas, incluido el conductor.
- **Tractocamión:** automóvil concebido y construido para realizar, principalmente, el arrastre de un semirremolque.
- **Semirremolque:** vehículo no autopropulsado diseñado y concebido para ser acoplado a un automóvil, sobre el que reposará parte del mismo, transfiriéndole una parte sustancial de su masa.
- **Vehículo articulado:** automóvil constituido por un tractocamión acoplado a un semirremolque.
- **Remolque:** vehículo no autopropulsado diseñado y concebido para ser remolcado por un vehículo de motor.

- **Tren de carretera:** automóvil constituido por un vehículo de motor enganchado a un remolque.
- **Autobús o autocar:** automóvil que tenga más de 9 plazas incluida la del conductor, destinado, por su construcción y acondicionamiento, al transporte de personas y sus equipajes.
- **Autobús o autocar articulado:** autobús compuesto por dos partes rígidas unidas entre sí por una sección articulada que las comunica.
- **Tractor agrícola:** vehículo especial autopropulsado, de dos o más ejes, concebido y construido para arrastrar, empujar o llevar útiles, máquinas o remolques agrícolas. Se puede extender esta definición a los tractores destinados a este mismo fin en obras o servicios.
- **Vehículo agrícola automotriz:** vehículo especial autopropulsado, de dos o más ejes, concebido y construido para efectuar trabajos agrícolas. Es también asimilable a los utilizados en obras o servicios determinados.

E.3. Distribución de cargas de ejes según la tipología de vehículo

En este apartado se incluyen valores típicos de cargas de diferentes tipos de vehículos presentes en el mercado actual con el fin de que se pueda realizar un estudio en profundidad del espectro de cargas de ejes si no se dispone de información de pesajes y tan sólo de la tipología de vehículos. En concreto, se ha manejado información sobre los tipos de vehículos, el número y tipo de ejes, el número de ruedas y las cargas máximas. Esto ha permitido determinar la equivalencia entre vehículos y poder establecer en qué grado cada tipo de vehículos afecta al firme de la carretera.

A partir de los vehículos existentes en el mercado y que circulan por las carreteras, se ha establecido una clasificación teniendo en cuenta la carga ejercida sobre el firme. En el daño ejercido por un vehículo influye la carga por rueda y la presión ejercida. Teniendo en cuenta que la presión ejercida viene impuesta en gran parte por la tecnología del neumático y que está cercana a los 0,9 MPa, se considera suficiente el estudio de la carga que transmite cada rueda. A continuación se presenta para cada vehículo la distribución de la carga sobre los ejes del vehículo, el tipo de ejes y el número de ruedas de que disponga.

A modo de resumen se puede indicar que existen tres tipos de ejes:

- Eje simple;**
- Eje doble o tándem:** dos ejes simples sucesivos a menos de 2 metros de distancia;
- Ejes triple, tándem triaxial o tridem:** tres ejes simples sucesivos a menos de 2 metros de distancia entre sí.

Cada eje puede llevar en sus extremos una rueda, denominándose rueda simple o sencilla, o dos ruedas, que recibe el nombre de ruedas gemelas.

La carga que transmite cada eje al firme se ha estandarizado para poder comparar vehículos entre sí. Si bien en la legislación de España la carga máxima por eje está limitada a 11,5 t, la carga tipo utilizada para los cálculos de firmes es el eje simple de 13 t con ruedas gemelas.

A continuación se describe la distribución de ejes y cargas de los tipos de vehículos más representativos. Los denominados vehículos especiales pueden presentar distribuciones de carga particulares y que supondrían una casuística muy elevada lo cual queda fuera del objetivo de estas recomendaciones. No obstante, para el cálculo de la carga equivalente de un vehículo con el objeto de poder realizar un estudio para una sección particular se pueden seguir los pasos que se realizan en este apartado.

Tipo vehículo	Carga (t)	Carga 1 ^{er} eje	Carga 2 ^o eje	Carga 3 ^{er} eje
Turismo o derivado	1,5	0,7-SS	0,8-SS	-
Furgón 2 ejes/4 ruedas	3,5	1,5-SS	2-SS	-
Furgón 2 ejes/6 ruedas	6,5	2,4-SS	4,1-SG	-
Camión 2 ejes	18	6,7-SS	11,3-SG	-
Camión 3 ejes	25	6,7-SS	18,3-DG	-
Camión 4 ejes	31	13-DS	18-DG	-
Vehículo articulado 4 ejes	36	6,5-SS	11,5-SG	18-DG
Vehículo articulado 5 ejes (2+3)	40	6,5-SS	11,5-SG	24-TG
Vehículo articulado 5 ejes (3+2)	40	6,5-SS	18-DG	18-DG
Microbús (< 9 plazas)	3,5	1,5-SS	2-SS	-
Microbús (> 9 plazas)	6,5	2,4-SS	4,1-SG	-
Autobús 2 ejes	18	6,5-SS	11,5-SG	-
Autobús 3 ejes	25	6,5-SS	18-DG	-
Autobús 4 ejes	31	13-DS	18-DG	-
Autobús articulado 3 ejes	28	6,5-SS	11,5-SG	10-SG
Tractor 2 ejes	7	3-SS	4-SS	
Tractor 2 ejes	11	4,5-SS	6,5-SS	
Tractor 2 ejes	14	6-SS	8-SS	

Tabla E.1. Modelización de vehículos

Para simplificar la tabla se ha utilizado la siguiente nomenclatura:

- "SS": eje simple rueda simple
- "DS": eje doble rueda simple
- "TS": eje triple rueda simple
- "SG": eje simple rueda gemela
- "DG": eje doble rueda gemela
- "TG": eje triple rueda gemela

Por tanto, con el número de vehículos de cada tipo conocidos, se dispondrá de una distribución de ejes que serán los que habrá que convertir en ejes equivalentes de 13 t mediante el procedimiento explicado en el siguiente apartado.

E.4. Cálculo de ejes equivalentes de 13 t con ruedas gemelas

Una vez establecida la distribución de ejes de los vehículos, se transforman en ejes tipo de 13 t con ruedas gemelas. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{ ejes equivalente 13 t} = k_1 * k_2 * k_3 * (Q/13)^a$$

donde

k1 = coeficiente dependiente del tipo de eje

k2 = coeficiente dependiente del tipo de ruedas

k3 = coeficiente dependiente del tipo de suspensión

Q = carga por eje en toneladas

a = coeficiente dependiente del tipo de firme

Los valores de los coeficientes vienen indicados en la siguiente tabla:

Coeficiente		Valor
a	Firme flexible	4
	Firme semirrígido	8
	Firme rígido	12
k ₁	Eje simple	1
	Eje doble	0,6
	Eje triple	0,45
k ₂	Ruedas gemelas normales	1
	Ruedas simples normales	1,3
	Ruedas simples de base ancha	1,2
k ₃	Suspensión tradicional	1
	Suspensión de aire o similar	0,95

Tabla E.2. Coeficientes de equivalencia de cargas.

En el caso de disponer de los pesos de los ejes de los vehículos a partir de pesaje dinámico, el coeficiente k2 no se podrá obtener pues no se dispone de la información de si las ruedas son gemelas o simples. En general, se suele tomar un coeficiente de 1 aunque hay que indicar que en ese caso se infravalora la carga de los ejes en un 30% cuando las ruedas son simples.

En el caso de que la distribución de pesos de ejes se haya obtenido a partir de un estudio de la tipología de los vehículos, se procederá de idéntica forma. Para facilitar el cálculo, se han incluido los valores de ejes equivalentes de 13 t para los diferentes ejes de los vehículos estudiados (Tabla E.3.) aplicando la fórmula anterior y se han obtenido los totales correspondientes a cada tipo de vehículo obteniendo los siguientes resultados:

Tipo	TOTAL 13 t (CE1)
Turismo o derivado	0,000
Furgón 2 ejes/4 ruedas	0,001
Microbús (< 9 plazas)	0,001
Furgón 2 ejes/6 ruedas	0,011
Microbús (> 9 plazas)	0,011
Camión 2 ejes	0,663
Autobús 2 ejes	0,694
Autobús articulado 3 ejes	1,044
Autobús 3 ejes	2,287
Camión 3 ejes	2,448
Vehículo articulado 4 ejes	2,899
Camión 4 ejes	2,985
Autobús 4 ejes	2,985
Vehículo articulado 5 ejes (3+2)	4,492
Vehículo articulado 5 ejes (2+3)	5,921
Tractor 7 t	0,015
Tractor 11 t	0,100
Tractor 14 t	0,245

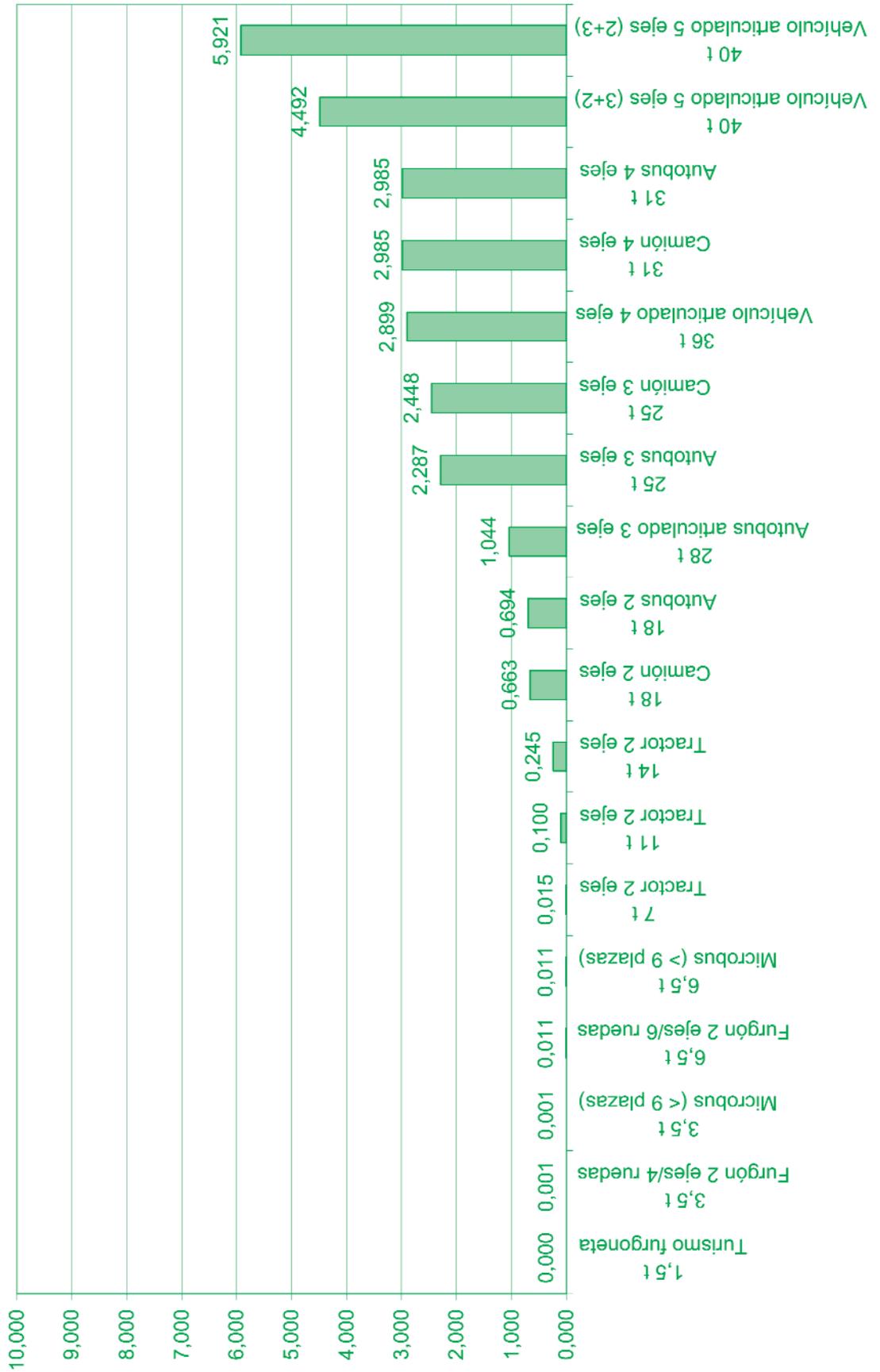
Tabla E.3. Equivalencia vehículo-ejes 13 t

Se presenta en el siguiente gráfico los resultados anteriores.

Finalmente los ejes equivalentes totales serán:

$$\text{Nº ejes equivalentes de 13 t} = \sum_i \text{CE1} \cdot \text{Nº vehículo pesado del tipo } i$$

Ejes equivalentes 13 t



E. 5. Cálculo alternativo de la IMD de vehículos pesados

Como se indica en el capítulo de “Tráfico”, si se dispone de información relativa a la tipología de vehículos, se puede realizar un cálculo más exacto de la IMDp en el que se puede tener en cuenta la diferencia de carga entre los distintos vehículos denominados “pesados”.

Previamente, y a la vista de los resultados anteriores, se establece la siguiente clasificación de los vehículos en ligeros y pesados para el cálculo de la IMDpesados:

VEHÍCULOS LIGEROS:
Turismo o derivado
Furgón 2 ejes/4 ruedas
Microbús (< 9 plazas)
VEHÍCULOS PESADOS:
Furgón 2 ejes/6 ruedas
Microbús (> 9 plazas)
Tractor 2 ejes (7 t)
Tractor 2 ejes (11 t)
Tractor 2 ejes (14 t)
Camión 2 ejes
Autobús 2 ejes
Autobús articulado 3 ejes
Autobús 3 ejes
Camión 3 ejes
Vehículo articulado 4 ejes
Camión 4 ejes
Autobús 4 ejes
Vehículo articulado 5 ejes (3+2)
Vehículo articulado 5 ejes (2+3)

Tabla E.4. Clasificación de vehículos

Para realizar un cálculo de IMDpesados más exacto, se deberá tener en cuenta que se considera que un vehículo pesado medio equivale a 0,54 ejes equivalentes de 13 t. Por tanto, se puede considerar la siguiente equivalencia de forma aproximada:

Tipo	Vehículos pesados equivalentes (CE2)
Turismo o derivado	0
Furgón 2 ejes/4 ruedas	0
Microbús (< 9 plazas)	0
50 Furgones 2 ejes/6 ruedas	1
50 Microbuses (> 9 plazas)	1
30 Tractores 2 ejes (7 t)	1
1 Tractor 2 ejes (11 t)	0,2
1 Tractor 2 ejes (14 t)	0,5
1 Camión 2 ejes	1
1 Autobús 2 ejes	1
1 Autobús articulado 3 ejes	2
1 Autobús 3 ejes	4
1 Camión 3 ejes	5
1 Vehículo articulado 4 ejes	6
1 Camión 4 ejes	6
1 Autobús 4 ejes	6
1 Vehículo articulado 5 ejes (3+2)	9
1 Vehículo articulado 5 ejes (2+3)	10

Tabla E.5. Equivalencia entre vehículos.

A partir de la distribución de la tipología de vehículos, se obtendrá la IMDp de la siguiente forma:

$$\text{Nº ejes equivalentes de 13 t} = \sum_i \text{CE2} \cdot \text{Nº vehículo pesado del tipo } i$$

ANEJO F: ESTUDIO DE DEFLEXIONES

Recomendaciones para el Diseño
de Secciones de Firme
Carreteras de Extremadura

F.1. Objeto

Este anejo tiene por objeto facilitar la labor del ingeniero que tenga que analizar las deflexiones de una carretera con pavimento bituminoso y, basándose en ellas, además de en otros datos, proyectar la rehabilitación estructural más adecuada en cada uno de los tramos homogéneos diferenciados que se establezcan a partir del análisis completo de sus problemas específicos.

Este anejo pretende además simplificar y armonizar todas las fases de evaluación, interpretación y determinación de las deflexiones, así como del posterior cálculo de los espesores de eliminación parcial, reposición o recrecimiento con los que se definirán finalmente las actuaciones que hayan de llevarse a cabo.

Para el estudio del estado del firme de una carretera se dispondrá, como elementos básicos, de la evaluación del deflectograma y de la segmentación en tramos homogéneos de comportamiento uniforme, caracterizados por el valor medio de las deflexiones patrón, su dispersión y la deflexión característica.

Junto con las deflexiones, una inspección visual detallada definirá los trabajos complementarios de extracción de testigos, calicatas y eventuales ensayos que se deban realizar. La inspección visual se intensificará en aspectos concretos que convenga aclarar (como por ejemplo, zonas singulares que no cumplan las condiciones de tramificación, puntos o zonas de extensión muy limitada con deflexiones anormalmente altas, estado del drenaje, etc.). Es importante determinar los tramos homogéneos de comportamiento uniforme, cuyo estudio puede hacerse globalmente, incluso aunque no sean adyacentes. Se tendrá así una visión más amplia de los problemas, lo que puede reducir los trabajos de reconocimiento y análisis mediante extracción de testigos, calicatas, ensayos de laboratorio o in situ, u otros.

La inspección visual, las deflexiones y los otros parámetros de que se disponga, servirán para establecer una programación óptima de los trabajos de campo, que no deberán ser más que los necesarios (para evitar un mayor coste económico y un aumento de los plazos de estudio y de redacción del proyecto), ni menos de lo conveniente, para poder evaluar correctamente el estado del firme y definir con suficiente precisión las soluciones de rehabilitación.

En algún caso, la inspección visual puede ser determinante en la elección de la solución de rehabilitación más adecuada. También este tipo de reconocimiento cuidadoso juega un papel importante, aunque no exclusivo, en la determinación de la solución correcta en las zonas donde, por la magnitud de las deflexiones, se requiera un estudio especial o donde convenga un tratamiento singular y diferenciado.

En la mayoría de las ocasiones, las deflexiones excesivas en zonas de desmonte se deben a defectos de drenaje que deben corregirse. Es frecuente que, aunque no se llegue a esos valores considerados como excesivos, existan deficiencias generalizadas de drenaje (por lo menos, en lo que al drenaje superficial se refiere), que repercutan negativamente en la capacidad resistente del firme, y que habría que corregir en cualquier circunstancia, para garantizar la eficacia de cualquier solución de rehabilitación del firme que después se aplique.

El análisis de otros datos que proporcionan algunos equipos de medida de deflexión, como la línea de influencia de la deformada o el radio de curvatura, puede contribuir a clarificar o a cuantificar mejor los problemas y sus posibles soluciones.

F.2. Estudio de deflexiones

F.2.1. Deflectograma, tramificación y definición de zonas singulares

Para establecer una tramificación de zonas homogéneas a las que luego se aplicará una única solución de rehabilitación estructural, es recomendable disponer de una representación gráfica de las deflexiones (deflectograma), tomando como abscisas las distancias al origen de los puntos de medida y, como ordenadas, los valores de las deflexiones. Un ejemplo puede ser el esquematizado en la figura F.1.

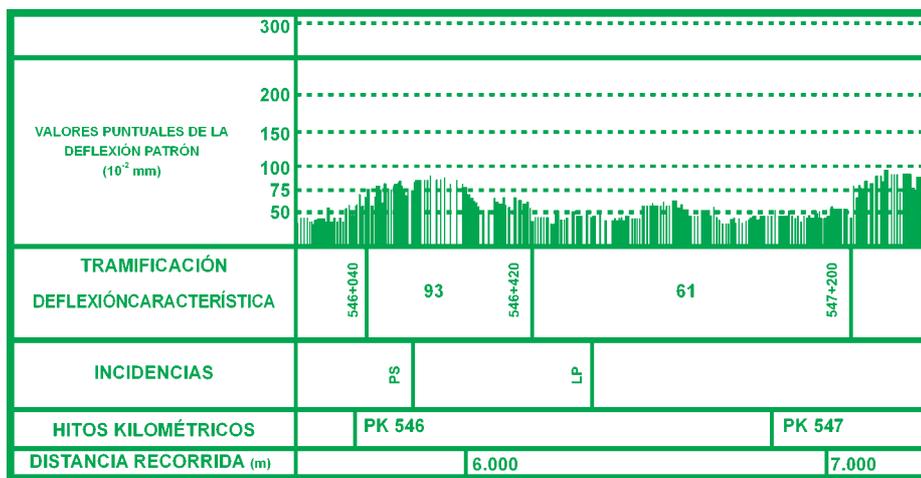


Figura F.1. Ejemplo de deflectograma

Se puede realizar visualmente en él una tramificación provisional de zonas homogéneas de comportamiento uniforme que complete o corrija la efectuada previamente, a partir de los datos básicos de la carreteras. En la mayoría de los equipos de auscultación actuales, este deflectograma es proporcionado directamente por el propio equipo de medida.

Este método visual puede sustituirse o completarse con otros realizados mediante ordenador. Son interesantes, sobre todo, programas de tratamiento automático de las deflexiones que permiten determinar, de una manera precisa, tramos estadísticamente homogéneos mediante test de homogeneidad.

Como a efectos constructivos no es operativo que los espesores de recrecimiento varíen cada pocos metros, convendrá establecer en cada proyecto de rehabilitación estructural una longitud mínima operativa de tramo de estudio, considerándose zonas singulares, que requerirán un estudio especial, las que no alcancen la longitud mínima, que a los efectos de aplicación de este anejo se considera de 100 m.

En un tramo homogéneo que tenga un comportamiento uniforme, sus deflexiones se distribuirán aleatoriamente alrededor de la media (m), siguiendo una distribución normal con una desviación típica muestral (s). La experiencia acumulada en España sobre el tratamiento de las deflexiones medidas con cualquiera de los equipos de auscultación indica que es frecuente encontrar, en este tipo de tramos, unos coeficientes de (s/m) comprendidos entre 0,20 y 0,30. En tramos muy uniformes se dan valores inferiores a estos. Valores entre 0,30 y 0,40 indican menor uniformidad, pero se considera todavía aceptable. Si el coeficiente de variación de las deflexiones supera ampliamente el valor de 0,40, no podrá considerarse que el tramo tiene un comportamiento uniforme.

Como consecuencia de todo lo expuesto, la tramificación deberá hacerse, entre otros, con los criterios siguientes:

1. En los tramos homogéneos de comportamiento uniforme, los valores de las deflexiones variarán aleatoriamente en torno al valor medio (m).
2. Del orden del 95% de los valores de las deflexiones de cada tramo estarán comprendidos dentro del intervalo cuyo extremo superior sea vez y media el valor medio de las deflexiones, y cuyo extremo inferior sea la mitad de dicho valor medio (es decir, entre 0,5 m y 1,5 m).
3. Se considerarán distintos los tramos con valores medios diferentes.
4. Dos tramos con los mismos valores medios, pero con diferentes amplitudes de variación de las deflexiones (o sea, diferente s), serán asimismo distintos.
5. El coeficiente de variación de las deflexiones será inferior a 0,40.
6. La longitud de los tramos estará, en general, comprendida entre 200 y 1.000 m, diferenciando en el caso de autopistas, autovías y carreteras de calzadas separadas ambas calzadas a los efectos de tramificación de las deflexiones y cálculo de la rehabilitación estructural.
7. En cualquier caso, la longitud mínima en un tramo será de 100 m.

Analizado el deflectograma, las zonas que no hayan podido tramificarse según los criterios indicados, en especial los numerados como 2, 5 y 7, se considerarán como singulares y, por tanto, en ellos será preceptivo disponer de información complementaria, según se indica en el apartado 2.2.

F.2.2. Estudios complementarios

Realizada la tramificación, según los criterios definidos en el apartado anterior, deberá ser comprobada y verificada in situ por el ingeniero encargado del proyecto de rehabilitación. Se estudiarán especialmente los casos en que exista discrepancia entre los valores de la deflexión, el aspecto superficial del pavimento y la sección estructural del firme, para conocer las razones de tal discrepancia, efectuando eventualmente trabajos adicionales de reconocimiento (nuevas medidas de deflexión, calicatas y ensayos complementarios, etc.).

La tabla F.1. recoge y resume las diferentes opciones que se pueden presentar. En general, se considerará que hay suficiente concordancia cuando, siendo las deflexiones altas, el pavimento esté degradado y se estime que la sección estructural del firme es escasa para las solicitaciones que soporta; así mismo, cuando las deflexiones sean bajas, el pavimento presente buen aspecto superficial y la sección estructural del firme parezca adecuada para las solicitaciones que soporta. Estos dos supuestos corresponden a los números 1 y 8 de la tabla F.1., mientras que los casos en que no hay tal concordancia vienen dados por los números 2 a 7 de la misma tabla. En ésta se indica la conveniencia o no de emplear en el dimensionamiento de la rehabilitación estructural los valores de las deflexiones y algunas posibles causas de las discrepancias observadas.

Conviene tener en cuenta que la calificación de las deflexiones como altas o bajas es relativa y éstas deben relacionarse siempre con las características de la sección estructural del firme existente; como es evidente, no cabe esperar los mismos valores de deflexión en los firmes flexibles, que en los semirrigidos y semirrígidos.

Sin perjuicio de lo anterior, deberán estudiarse con detalle las zonas singulares, en particular las de valores altos de deflexión, para proyectar y realizar en ellas los tratamientos necesarios independientes de la rehabilitación general, tales como mejora de drenaje, corrección de blandones, saneamientos específicos más profundos, reconstrucción total del firme, etc.

CASO	ASPECTO SUPERFICIAL	SECCIÓN ESTRUCTURAL DEL FIRME	DEFLEXIONES	DIMENSIONAMIENTO POR DEFLEXIONES	OBSERVACIONES Y ALGUNAS CAUSAS POSIBLES DE DISCREPANCIA
1	Malo	Escasa	Altas	SI	Se precisa una rehabilitación estructural
2	Malo	Escasa	Bajas	NO	Si las deflexiones son bajas por haberlas medido en época seca, repetir las en época adecuada o emplear un coeficiente corrector más ajustado al real. La aparente discrepancia también puede deberse a que alguna capa del firme haya sido tratada con un conglomerante hidráulico, y no se haya tenido en cuenta esta circunstancia.
3	Malo	Adecuada	Altas	DUDOSO	Si hay deterioros de una capa del firme o de la explanada, corregirlos antes de efectuar la rehabilitación generalizada. Si la vida del firme está agotada, puede dimensionarse la rehabilitación por deflexiones.
4	Bueno	Escasa	Altas	DUDOSO	Posible rehabilitación o renovación superficial reciente, firme recién construido (en tales casos, puede dimensionarse la rehabilitación por deflexiones).
5	Malo	Adecuada	Bajas	NO	Defectos en la capa superficial (debe hacerse rehabilitación superficial).
6	Bueno	Escasa	Bajas	NO	Si el buen aspecto del pavimento proviene de una reciente renovación superficial, se está en un caso análogo al 2.
7	Bueno	Adecuada	Altas	NO	Posible medida de deflexiones con temperatura elevada del pavimento, o tramo con pocas medidas.
8	Bueno	Adecuada	Bajas	SI	Puede no ser precisa una rehabilitación.

Tabla F.1. Comparación y contraste de la inspección visual, el tipo de sección estructural y las medidas de la deflexión para la determinación de la solución de rehabilitación precisa (*)

(*) Esta tabla es la adaptación a la tipología de firmes en España de una clásica tabla conceptual editada en revistas y documentos de congresos internacionales desde los años 70.

F.2.3. Deflexión característica

Cada tramo homogéneo establecido se estudiará por separado y en él se determinará un valor de la deflexión que se considerará representativo del estado del firme. Lo normal será emplear un valor de deflexión característica d_k el cual, suponiendo que los valores de la deflexión se reparten según una curva de Gauss, vendrá definido por la expresión:

$$d_k = m + 2 \cdot s$$

En donde:

$$m = \sum d_i / n$$

$$s^2 = \sum (d_i - m)^2 / (n - 1)$$

Siendo:

d_i = La deflexión patrón, sin corregir por humedad y temperatura, del punto i.

n = El número de puntos medidos.

El coeficiente 2 que figura en la expresión de dk equivale a una probabilidad del 97,5 % de que la deflexión característica no sea sobrepasada en el tramo (el valor 2 es una aproximación del 1,96 que se obtiene con una distribución normal).

Es importante, en todo caso, tratar independientemente las poblaciones de las deflexiones del carril derecho e izquierdo de la misma calzada, puesto que corresponden, en general, a familias claramente diferenciadas, para evitar cometer un error no admisible en el tratamiento de los datos y en el cálculo del espesor de recrecimiento correspondiente. La diferencia entre los valores de los diferentes carriles podría explicarse porque, aparte de que la sección estructural del firme es a veces distinta en ambos (sobre todo, si se ha ensanchado la carretera por un lado), las condiciones de drenaje y del suelo suelen ser diferentes en las carreteras a media ladera, y también en ocasiones las de drenaje en los desmontes, ya que el agua del subsuelo puede provenir preferentemente del lado derecho o izquierdo de la carretera, en función de las pendientes longitudinales y transversales de la calzada y de la explanada.

Si se miden por separado las deflexiones en la rueda derecha e izquierda del equipo de auscultación, como hacen los deflectógrafos, se podrá observar también que las medidas corresponden a poblaciones distintas, siendo generalmente más desfavorables la de la rodada derecha, situada más cerca del borde de la carretera, que la de la rodada interior, correspondiente al centro, que normalmente tiene menos humedad en la explanada.

Cuando la solución de rehabilitación estructural que se adopte consista en un recrecimiento por igual en toda la anchura de la calzada, a efectos de dimensionamiento del espesor necesario deberán tomarse las deflexiones del carril y su rodada más desfavorables.

F.2.4. Correlaciones con la deflexión patrón

Si se emplean equipos de medida diferentes a la viga Benkelman, las deflexiones se determinarán por correlación con la deflexión patrón, mediante estudios debidamente justificados. Para los equipos de auscultación más habituales en España dichas correlaciones se pueden simplificar de la siguiente forma:

1. En auscultaciones efectuadas con deflectógrafos tipo Lacroix de chasis largo podrá considerarse que las deflexiones con viga Benkelman equivalen a las obtenidas con dicho equipo, es decir:

$$VB = D$$

Siendo VB la deflexión medida con la viga Benkelman y D la del mencionado deflectógrafo.

2. Para medidas realizadas con los equipos denominados curviímetros, se utilizará la siguiente correlación:

$$VB = 1,4 C$$

Siendo VB la deflexión medida con la viga Benkelman y C la del curviímetro.

3. Para deflectógrafos tipo Lacroix de chasis corto, se utilizará la correlación:

$$VB = 1,15 DL + 15$$

Siendo VB la deflexión medida con la viga Benkelman y DL la deflexión obtenida con el referido deflectógrafo.

4. Para deflectómetros de impacto, se utilizará la correlación:

$$VB = 1,48 DI5 + 3,3$$

Siendo VB la deflexión obtenida con la viga Benkelman y DI5 la de un deflectómetro de impacto que aplique para la medida 5 t de carga total.

F.2.5. Corrección por humedad en la explanada

En principio, y siempre que sea posible, las medidas de la deflexión del tramo objeto de estudio se realizarán en la época de máxima humedad de la explanada, que será función de la climatología de la zona y del tipo de sección estructural del firme auscultado. En caso contrario, a las medidas obtenidas habrá de aplicárseles un coeficiente corrector Ch, determinado por estudios de variación de deflexiones con la humedad de la explanada en la zona de que se trate. En cualquier circunstancia hay que prescindir de medidas tomadas con la explanada helada y también será preferible no utilizar medidas realizadas en época muy seca.

Para rehabilitaciones estructurales de firmes de carreteras con categorías de tráfico pesado T0 o de superficie superior a 70.000 m², el Proyecto de rehabilitación del firme deberá contener un estudio específico y detallado de la variación de las deflexiones con la humedad de la explanada. Para el resto de situaciones, o si en el caso anterior no se dispusiera del mencionado estudio, se podrán utilizar los coeficientes correctores obtenidos por el proceso siguiente.

Se considerarán dos tipos de explanada según la clasificación de suelos hecha de acuerdo con el artículo 330 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3):

- Suelos seleccionados y adecuados.
- Suelos tolerables, marginales e inadecuados.

Se considerarán además dos tipos de condiciones de drenaje:

- Buenas condiciones de drenaje.
- Malas condiciones de drenaje.

A estos tipos de explanada y drenaje les corresponderán los coeficientes correctores Ch de la deflexión característica, según la época del año en la que se realice la medida, de acuerdo con lo indicado en la tabla F.2.

TIPO DE EXPLANADA	CONDICIONES DE DRENAJE	COEFICIENTE Ch		
		período húmedo	período intermedio	período seco
Suelo seleccionados y adecuados	Buenas	1	1,15	1,30
	Malas	1	1,25	1,45 (*)
Suelos tolerables, marginales e inadecuados	Buenas	1	1,25	1,45 (*)
	Malas	1	1,30 (*)	1,60 (*)

(*) Valor orientativo, si no se dispone de información. De cualquier manera se recomienda efectuar un estudio especial, así como que la rehabilitación del tramo en estudio se dictamine después de mejorar necesariamente las condiciones de drenaje existentes y, posteriormente, medir de nuevo las deflexiones.

Tabla F.2. Coeficientes correctores de la deflexión por humedad de la explanada

Los períodos húmedo, intermedio y seco deberán determinarse en cada caso específico, teniendo en cuenta que las máximas deflexiones suelen producirse con cierto desfase respecto a la época de lluvias (nunca inferior a las dos semanas). En el caso de no disponer de datos suficientemente fiables para determinar si la medida de las deflexiones corresponden a un período húmedo, intermedio o seco, se adoptará el criterio indicado a continuación.

Se tomará la precipitación de la estación meteorológica más próxima al tramo en estudio dentro de cada zona de referencia y, mediante comparación con los valores de la tabla 4.1, se determinará si el período climático en el que se ha realizado la medida de la deflexión es húmedo, intermedio o seco.

Si las deflexiones se han medido en la segunda quincena de un determinado mes, se comparará la precipitación recogida en dicha estación meteorológica durante el mes anterior al de las medidas, con los valores que figuran en la tabla 4.1. Si la medida se ha hecho en la primera quincena de un mes, la comparación con los valores de la tabla 4.1. se hará sumando la precipitación de la primera quincena del mes anterior y la de la segunda quincena de dos meses antes al que se han medido las deflexiones.

Así, por ejemplo, para deflexiones medidas entre el 6 y el 8 de marzo se tomará como comparación con los valores de la tabla 4.1, la precipitación total ocurrida en la estación meteorológica de referencia entre el 16 de enero y el 15 de febrero del mismo año; para deflexiones medidas entre el 20 y el 22 de marzo, se tomará como precipitación total la del mes de febrero del mismo año. Con esta metodología, se tiene en cuenta el desfase habitual entre las máximas deflexiones y la época de lluvias, y al que se ha hecho referencia anteriormente.

F.2.6. Corrección por temperatura del pavimento

La deflexión patrón se referirá a una temperatura del pavimento igual a 20 °C. En firmes sin mezclas bituminosas no hay variación a efectos prácticos, porque la temperatura no influye en las deflexiones y, por tanto, son válidas las medidas hechas a otra temperatura, sin aplicar ninguna corrección. La misma simplificación puede aceptarse cuando el espesor total de las mezclas del pavimento existente sea pequeño (inferior a 10 cm).

Cuando el espesor es mayor (10 cm o más de mezclas bituminosas), hay que aplicar un coeficiente de corrección C_t por temperatura, en función de la existente en el pavimento en el momento de la medición, siguiendo el procedimiento indicado en la norma NLT-356.

En la figura F.2. se representan los coeficientes C_t de la norma NLT-356 que deben aplicarse en función de que el pavimento esté poco o muy fisurado. Si el pavimento está muy fisurado, la temperatura tiene menos influencia en la deflexión; en el caso límite de un pavimento totalmente fisurado, el firme se comportaría como un material granular sin cohesión, en el que no habría que aplicar coeficiente corrector por temperatura.

En ningún caso deberán hacerse las medidas con temperaturas del pavimento inferiores a 5 °C, para prevenir hacerlo con un firme helado, lo que invalidaría los resultados. Tampoco deberán hacerse con más de 30 °C si el pavimento tiene 10 cm o más de mezclas bituminosas o con más de 40 °C si el pavimento tiene menos de 10 cm de mezcla bituminosa, ya que no se podría obtener una deflexión fiable.

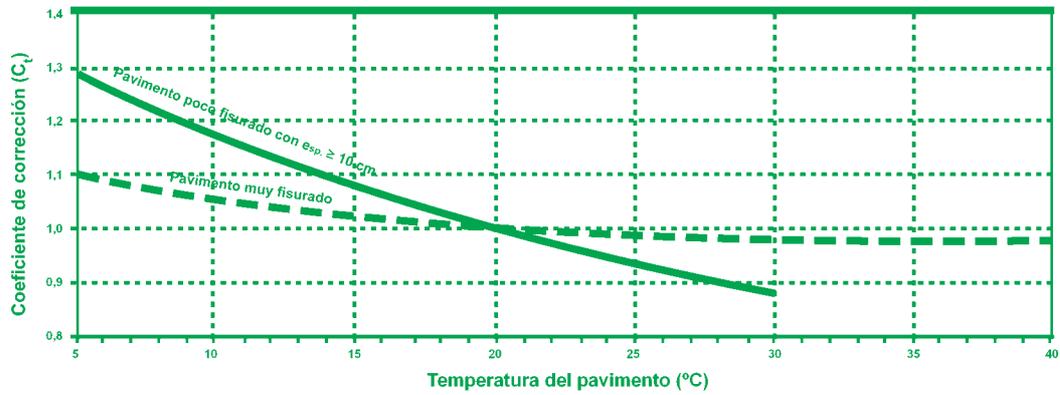


Figura F.2. Coeficiente corrector por temperatura, C_t

Como expresiones analíticas del coeficiente C_t pueden tomarse las indicadas en la tabla F.4. (en función de la temperatura t del pavimento, en grados Celsius).

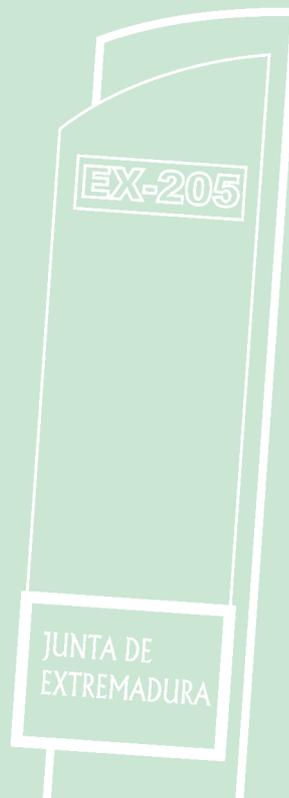
Firmes con pavimento poco fisurado y espesor de MB = 10 cm.	Firmes con pavimento muy fisurado	Firmes flexibles con espesor de MB < 10 cm. o firmes totalmente fisurados
$C_t = 200 / (3 \cdot t + 140)$	$C_t = (2 \cdot t + 160) / (3 \cdot t + 140)$	$C_t = 1$

Tabla F.4. Coeficiente corrector de la temperatura, C_t .



ANEJO G: GUÍA DE INSPECCIÓN VISUAL DE FIRMES CON PAVIMENTO DE MEZCLA BITUMINOSA

Recomendaciones para el Diseño y
Rehabilitación de Secciones de Firme
en la Red de Carreteras de Extremadura



G.1. Introducción

Esta Guía tiene por objeto facilitar la labor del ingeniero que tenga que realizar la inspección visual detallada de un firme para caracterizar su estado y para tramificar la carretera en tramos homogéneos para su estudio y para la definición de las actuaciones de rehabilitación necesarias.

La inspección visual deberá realizarse en toda la longitud considerada para el proyecto y en toda la sección transversal, incluyendo por tanto todos los carriles y los arcenes.

La toma de datos deberá ser exhaustiva, contemplando todos los deterioros existentes de forma cuantitativa y cualitativa, para lo cual se medirán y anotarán todos los fallos del firme, calificando su estado y gravedad y utilizando para ello unos impresos cuyo modelo se recoge en la figura F.1.

La inspección visual deberá abarcar además todas las características del entorno del firme que puedan tener influencia en su estado: drenaje, asentamientos de estructuras,... y otras incidencias útiles para una correcta tramificación de las operaciones de rehabilitación necesarias: hitos, intersecciones, cambios de sección de la calzada, carril de vehículos lentos,...

La inspección visual se realizará para todos los tipos de firme: flexibles, semiflexibles y semirrígidos.

G.2. Método

La inspección visual se realizará, salvo circunstancias especiales, a pie, recorriendo la plataforma por el arcén y preferentemente, por razones de seguridad, en sentido contrario al del carril adyacente, y siempre con las debidas precauciones, especialmente en zonas con escasa visibilidad (curvas, cambios de rasante, etc.) o con arcén estrecho. En el caso de carreteras con calzadas separadas, y especialmente cuando sea de interés la inspección detallada del carril interior podrá transitarse, cuando ello sea posible y no existan problemas de visibilidad, por la mediana. Sólo se anotarán los deterioros perceptibles a simple vista y en posición erguida desde el borde de la calzada. Estos se medirán o contabilizarán, según su naturaleza, al objeto de poder cuantificarlos, y se identificará la zona del carril o arcén contiguo en la que se encuentran, utilizando para ello la cuadrícula que representa su situación y las claves de identificación que figuran en el impreso.

Las longitudes se medirán desde el hito kilométrico anterior, con independencia del hito hectométrico, si lo hubiera, que sólo se indicará para conocimiento de su situación. En las inspecciones hechas en sentido contrario a la numeración creciente de los kilómetros, se referenciarán las longitudes con el signo menos (-). Se anotará en el impreso la longitud total medida entre dos hitos kilométricos. Las medidas se harán con rueda de medir por el arcén exterior.

Se señalarán todas las incidencias importantes de la carretera y, en especial, las que sirvan para una mejor referenciación: hitos kilométricos, vías lentas, pasos sobre o bajo carretera, travesías, cruces, enlaces, puentes, cambios de firme, etc. Estas incidencias vendrán referenciadas por su inicio y final o, en su caso, por su posición.

Se definirá el tipo de plataforma sobre la que se encuentra la carretera. A efectos de la inspección visual, se considerará que hay terraplén cuando el nivel de la rasante del pavimento esté del orden de 1 m o más por encima del terreno natural, y desmonte cuando esté a menos de 1 m o por debajo del terreno natural. Se diferenciarán asimismo los tramos singulares en los que la calzada discorra sobre una estructura o en túnel. Siempre se indicará el comienzo y final de cada zona.

Se anotará en el impreso la fecha en que se realiza la inspección y las condiciones de medición: tiempo meteorológico, estado de humedad del firme,...

Asimismo, se incluirán las observaciones que pudieran facilitar el diagnóstico del estado del firme y la elección del tipo de actuación.

Los trabajos de inspección visual se realizarán tomando las debidas precauciones para evitar posibles accidentes. En general, se utilizarán medidas de protección individuales, como chalecos reflexivos, y una señalización adecuada de la zona donde se realice la inspección.

Se dividirá cada carril en cinco zonas:

- **A:** Zona entre el borde derecho del carril y la rodada derecha
- **B:** Rodada derecha
- **C:** Zona entre la rodada derecha y la rodada izquierda
- **D:** Rodada izquierda
- **E:** Zona entre la rodada izquierda y el borde izquierdo del carril

Además, se examinará el arcén.

A título orientativo, los deterioros que se considerarán serán:

Los que representen una deficiencia estructural del firme, en su mayoría originados por el paso de las cargas que debe soportar:

- **Fisuras o grietas longitudinales simples:** Líneas de rotura simples paralelas al eje de la calzada.
- **Fisuras o grietas longitudinales múltiples:** Líneas de rotura paralelas al eje de la calzada, cercanas entre sí o que presentan ramificaciones que parten de la grieta longitudinal.
- **Fisuras o grietas parabólicas:** Líneas de rotura curvadas que asemejan parábolas.
- **Fisuras o grietas erráticas:** Líneas de rotura en forma de zig-zag, que normalmente siguen una dirección longitudinal.
- **Cuardeos en malla fina:** Mallas de líneas de rotura con diagonales no mayores de 20 cm.
- **Cuardeos en malla gruesa:** Mallas de líneas de rotura con diagonales mayores de 20 cm.
- **Blandones:** Asientos localizados de la superficie de la calzada en forma de hundimientos.

Los que determinan el estado de regularidad del firme, que afectan a las características funcionales de la carretera, comodidad y seguridad de la circulación, y a la durabilidad del pavimento:

- **Grietas transversales:** Líneas de rotura con una orientación sensiblemente perpendicular al eje de la calzada.
- **Descarnaduras:** Arranques de gravilla en la capa de rodadura.
- **Peladuras:** Zonas localizadas en las que la parte más superficial de la capa de rodadura se ha desprendido del firme.
- **Áridos pulimentados:** Superficie de la calzada lisa y pulida por desgaste de los áridos.
- **Baches:** Cavidades producidas en el pavimento y firme, con forma irregular y diferentes tamaños.
- **Roderas:** Deformaciones en el perfil transversal por hundimiento a lo largo de las rodadas, acom-

pañadas generalmente de cordones laterales por fluencia del material del pavimento.

- **Manchas de humedad:** Aparición de zonas húmedas en la superficie del firme.
- **Ascensión de finos:** Surgencia de finos a través de las grietas.

Por último, se considerarán las reparaciones realizadas, ya que son indicativas de los daños que ha sufrido el firme:

- Fisuras o grietas selladas
- Zonas reparadas

La magnitud de medida será:

- La longitud para las fisuras o grietas longitudinales y erráticas.
- El porcentaje de superficie de carril afectada para las fisuras o grietas parabólicas, los cuarteos en malla fina o gruesa, las descarnaduras, las peladuras, los áridos pulimentados, las manchas de humedad y la surgencia de finos.
- El número de deterioros por cada 10 m de carril para las grietas transversales, los blandones (cuyas dimensiones se definirán en las observaciones) y los baches.
- La existencia o no de roderas.

Se identificará la zona de carril en que se encuentra cada deterioro, entre las cinco zonas definidas anteriormente.

La gravedad de alguno de los deterioros encontrados se reflejará en las observaciones del impreso de toma de datos en campo.

ANEJO H: DEFINICIONES

Recomendaciones para el Diseño
y Rehabilitación de Secciones de Firme
en la Red de Carreteras de Extremadura



Definiciones:

ARCÉN: Franja longitudinal contigua a la calzada, dotada de firme, pero no destinada al uso de vehículos automóviles más que en circunstancias excepcionales.

AUSCULTACIÓN DE UN FIRME: Reconocimiento de las características estructurales o superficiales de un firme mediante equipos específicos de medida.

CALZADA: Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de uno o varios carriles.

CAPA DE BASE: Capa del firme situada debajo del pavimento cuya misión es eminentemente estructural.

CAPA DE RODADURA: Capa superior o única de un pavimento de mezcla bituminosa.

CAPA INTERMEDIA: Capa de un pavimento de mezcla bituminosa situada debajo de la capa de rodadura.

CARRIL DE PROYECTO: Carril por el que en una calzada circula el mayor número de vehículos pesados.

CARRIL: Franja longitudinal en que puede estar dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con anchura suficiente para la circulación de una fila de automóviles que no sean motocicletas.

CATEGORÍAS DE EXPLANADA: Tipos de explanada que se establecen, en función de su capacidad resistente, a los efectos de dimensionamiento de la sección del firme.

CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO: Intervalos que se establecen, a los efectos del dimensionamiento de la sección estructural del firme, para la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDp).

COEFICIENTE DE EQUIVALENCIA: Cociente entre los espesores de dos capas de diferente naturaleza que se supone que aportan una capacidad estructural semejante.

DEFLEXIÓN PATRÓN: Recuperación elástica de la superficie de un firme, al tomarse su medida mediante la viga Benkelman, siguiendo el método de recuperación y en las condiciones indicadas en la norma NLT-356.

ESTABILIZACIÓN IN SITU: Mezcla homogénea y uniforme de un suelo con cal o con cemento y, eventualmente agua, en la propia traza de la carretera, que tiene por objeto mejorar determinadas propiedades de aquél.

EXPLANADA: Superficie sobre la que se apoya el firme, no perteneciente a su estructura.

FIRME: Estructura formada por una o varias capas construidas con materiales seleccionados, colocada sobre la explanada para permitir la circulación en condiciones de seguridad y comodidad.

FIRME FLEXIBLE: Firme constituido por capas granulares no tratadas y por un pavimento bituminoso de espesor inferior a 15 cm (puede ser un tratamiento superficial).

FIRME RÍGIDO: Firme constituido por un pavimento de hormigón.

FIRME SEMIFLEXIBLE: Firme constituido por capas de mezcla bituminosa, de espesor total igual o superior a 15 cm, sobre capas granulares no tratadas.

FIRME SEMIRRÍGIDO: Firme constituido por un pavimento bituminoso de cualquier espesor sobre una o más capas tratadas con conglomerantes hidráulicos, con espesor conjunto de éstas igual o superior a 20 cm.

GRAVACIMIENTO: Mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y excepcionalmente adiciones, realizada en central, que convenientemente compactada se utiliza como capa estructural en firmes de carreteras.

HORMIGÓN MAGRO VIBRADO: Mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y aditivos, empleada en capas de base bajo pavimentos de hormigón, que se pone en obra con una consistencia tal que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación.

HORMIGÓN VIBRADO: Mezcla homogénea de áridos, agua y conglomerante, que se pone en obra con maquinaria específica y se utiliza en pavimentos de firmes rígidos.

JUNTA: Discontinuidad prevista, por razones estructurales o constructivas, entre dos zonas contiguas de una capa de firme.

LECHADA BITUMINOSA: Mezcla fabricada a temperatura ambiente con una emulsión bituminosa, áridos, agua y, eventualmente adiciones, cuya consistencia es adecuada para su puesta en obra y puede aplicarse en una o varias capas.

LEY DE FATIGA: Expresión matemática que permite estimar el número de aplicaciones de carga que un material puede soportar hasta su agotamiento, en función de un determinado parámetro característico de su comportamiento estructural.

MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE: Combinación de un ligante hidrocarbonado, áridos (incluido el polvo mineral) y eventualmente aditivos, de manera que todas las partículas de árido queden recubiertas de una película de ligante. Su proceso de fabricación implica calentar el ligante y los áridos, y su puesta en obra debe realizarse a una temperatura muy superior a la ambiente.

MEZCLA BITUMINOSA ABIERTA EN FRÍO: Combinación de una emulsión bituminosa, áridos y eventualmente aditivos, de manera que todas las partículas de árido queden recubiertas de una película de ligante. Su proceso de fabricación no implica calentar el ligante y los áridos, y su puesta en obra se realiza a temperatura ambiente.

PAVIMENTO: Parte superior de un firme, que debe resistir los esfuerzos producidos por la circulación, proporcionando a ésta una superficie de rodadura cómoda y segura.

PAVIMENTO DE HORMIGÓN VIBRADO: Pavimento constituido por losas de hormigón en masa, separadas por juntas, o por una losa continua de hormigón armado; el hormigón se pone en obra con una consistencia tal, que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación, y maquinaria específica para su extensión y acabado superficial.

RIEGO CON GRAVILLA: Aplicación de una o varias capas de un ligante hidrocarbonado sobre una superficie, complementadas por una o varias extensiones de árido.

RIEGO DE ADHERENCIA: Aplicación de una emulsión bituminosa sobre una capa tratada con ligantes hidrocarbonados o conglomerantes hidráulicos, previa a la colocación sobre ésta de una mezcla bituminosa.

RIEGO DE CURADO: Aplicación de una película continua y uniforme de emulsión bituminosa sobre una capa tratada con un conglomerante hidráulico, al objeto de impedir la pérdida prematura de humedad.

RIEGO DE IMPRIMACIÓN: Aplicación de un ligante hidrocarbonado sobre una capa granular, previa a la colocación sobre ésta de una capa o de un tratamiento bituminoso.

SECCIÓN A MEDIA LADERA: Sección en la que la explanada corta al terreno natural.

SECCIÓN EN DESMONTE: Sección que corresponde a una explanada situada bajo el terreno natural.

SECCIÓN SOBRE RELLENO: Sección que corresponde a una explanada situada sobre el terreno natural.

SUELOCEMENTO: Mezcla homogénea de materiales granulares (zahorra, suelo granular o productos inertes de desecho), cemento, agua y eventualmente adiciones, realizada en central, que convenientemente compactada se utiliza como capa estructural en firmes de carretera.

TERRENO NATURAL: Terreno existente bajo la capa vegetal.

VEHÍCULO PESADO: Se incluyen en esta denominación los camiones de carga útil superior a 3 t, de más de 4 ruedas y sin remolque; los camiones con uno o varios remolques; los vehículos articulados y los vehículos especiales; y los vehículos dedicados al transporte de personas con más de 9 plazas.

VÍA DE SERVICIO: Camino sensiblemente paralelo a una carretera, respecto de la cual tiene carácter secundario, conectado a ésta solamente en algunos puntos, y que sirve a las propiedades o edificios contiguos. Puede ser con sentido único o doble sentido de circulación.

VIDA ÚTIL: Período de tiempo en el que el firme (o la capa del firme considerada) o presenta una degradación estructural generalizada.

ZAHORRA: Material granular, de granulometría continua, utilizado como capa de firme. Se denomina zahorra artificial al constituido por partículas total o parcialmente trituradas. Zahorra natural es el material formado básicamente por partículas no trituradas.
