

## *Criterios básicos para el dimensionamiento de firmes (II)*

JOSÉ LAFFARGA OSTERET, DR. EN CIENCIAS QUIMICAS  
MANUEL OLIVARES SANTIAGO, DR. ARQUITECTO

**RESUMEN.** *El artículo aborda las técnicas ingenieriles y condiciones que deben cumplir los firmes. Un sencillo resumen del Pliego de Prescripciones técnicas Generales pretende simplificar la redacción de proyectos y obras.*

**SUMMARY.** *This article deals with engineering techniques and the conditions which road surfaces must meet. A simple summary of the document on General Technical Regulations attempts to simplify projects and construction site works.*

### INDICE GENERAL

0. Introducción 1. Concepto de firme 2. Factores de dimensionamiento 3. Explanada (RE 18)  
4. Secciones de firmes 5. Componentes del firma 6. Bibliografía

#### 4. SECCIONES DE FIRMES

Como ya se ha dicho, la Instrucción establece un catálogo de secciones del firme referidas al carril de proyecto y en función a las categorías de tráfico pesado y de explanada (figuras 1 y 2). De todas ellas se escogerá la que reúna las mejores condiciones técnicas y económicas; si tenemos en cuenta que pueden cumplir los requerimientos técnicos diversas secciones de firmes, según formemos una u otra explanada, el técnico deberá elegir aquella que considere más adecuada de acuerdo con las disponibilidades de los diferentes materiales para ejecutar las distintas unidades de obra, para que resulte la más económica.

La capa superior del pavimento deberá tener

una anchura mayor que la teórica de la calzada, rebasándola en 20 cm. como mínimo por ambos extremos, excepto en pavimentos de hormigón vibrado con arcenes del mismo material que podría rebasarse en menos medida o incluso coincidir con la anchura teórica que esté inmediatamente por encima, así como una derrama por cada borde igual a su propio espesor. Los valores de los sobrecanchos se especifican en la figura 3 y vienen gráficamente explicados en la figura 4.

Cada una de las capas deberá tener en la práctica en cada uno de sus puntos, como mínimo, el espesor señalado.

Excepto en las categorías de tráfico pesado T4, pueden considerarse dimensionamientos distintos entre carriles de una misma calzada donde haya

Expla- nada	Zahorra natural	Zahorra artificial	Suelo cemento	Grava cemento	Hormigón magro	Hormigón compac- tado	Mezclas bitumi- nosas	Hormigón vibrado	Sección nº	Tráfico	
E1	No considerada									T0	
E2	-	20	-	-	-	-	35	-	021		
	25	25	-	-	-	-	30	-	022		
	-	-	20	-	-	-	30	-	023		
	-	-	20	25	-	-	15	-	024		
	-	-	20	-	-	25	10	-	025		
	20	-	-	-	15	-	-	28	026		
	20	-	-	15	-	-	-	28	027		
E3	-	-	-	-	-	-	35	-	031		
	-	25	-	-	-	-	30	-	032		
	-	-	20	-	-	-	27	-	033		
	-	-	20	22	-	-	15	-	034		
	-	-	20	-	-	25	10	-	035		
	-	-	-	-	15	-	-	28	036		
	-	-	-	15	-	-	-	28	037		
E1	No considerada										T1
E2	-	20	-	-	-	-	30	-	121		
	25	25	-	-	-	-	25	-	122		
	-	-	20	-	-	-	25	-	123		
	-	-	20	22	-	-	15	-	124		
	-	-	20	-	-	22	10	-	125		
	20	-	-	-	15	-	-	25	126		
	20	-	-	15	-	-	-	25	127		
E3	-	-	-	-	-	-	30	-	131		
	-	25	-	-	-	-	25	-	132		
	-	-	20	-	-	-	25	-	133		
	-	-	20	22	-	-	15	-	134		
	-	-	20	-	-	22	10	-	135		
	-	-	-	-	15	-	-	25	136		
	-	-	-	15	-	-	-	25	137		
E1	-	25	-	-	-	-	30	-	211		
	25	25	-	-	-	-	25	-	212		
	20	-	25	-	-	-	18	-	213		
	20	-	20	20	-	-	12	-	214		
	20	-	20	-	-	20	8	-	215		
	20	-	-	-	15	-	-	23	216		
	20	-	-	15	-	-	-	23	217		
E2	-	20	-	-	-	-	25	-	221		
	25	25	-	-	-	-	20	-	222		
	-	-	22	-	-	-	18	-	223		
	-	-	20	20	-	-	12	-	224		
	-	-	20	-	-	20	3	-	225		
	-	-	-	-	15	-	-	23	226		
	-	-	-	15	-	-	-	23	227		
E3	-	-	-	-	-	-	25	-	231		
	-	25	-	-	-	-	20	-	232		
	-	-	20	-	-	-	18	-	233		
	-	-	15	20	-	-	12	-	234		
	-	-	15	-	-	20	8	-	235		
	-	-	-	-	15	-	-	23	236		
-	-	-	15	-	-	-	23	237			

Figura 1

un mínimo de dos carriles para un mismo sentido de circulación, con las siguientes condiciones:

- La máxima diferencia entre categorías de tráfico pesado entre carriles será de una.
- La categoría de la explanada será la misma.
- La numeración de las secciones deberá terminar en la misma cifra.
- Las variaciones de espesor se realizarán en una sola capa, sin variar el número de capas y cumpliendo los límites de espesor mínimos establecidos. La capa en la cual debe establecerse la variación de espesor viene fijada por la Instrucción de acuerdo a los siguientes criterios:

- Para secciones de firme cuya numeración termine en 1, 2, ó 3, en la capa inferior de mezcla bituminosa, excepto en las secciones 313, 323 y 333, que se hará en la capa base de suelo-cemento.
- Para las secciones cuya numeración termine en 5, en la capa de base de hormigón compactado.
- Para las secciones cuya numeración termine en 6 ó 7, en el pavimento de hormigón vibrado.

Las variaciones de espesor serán transversalmente lineales debiendo mantenerse los espesores mínimos correspondientes en el borde izquierdo según el sentido de circulación de cada carril. (figura 5).

Explanada	Zahorra natural	Zahorra artificial	Suelo cemento	Grava cemento	Hormigón compactado	Mezclas bituminosas	Hormigón vibrado	Sección nº	Tráfico
E1	-	25	-	-	-	20	-	311	T3
	25	25	-	-	-	18	-	312	
	20	-	25	-	-	12	-	313	
	-	-	20	18	-	6	-	314	
	-	-	15	-	20	*	-	315	
	20	-	-	-	-	-	21	316	
E2	-	25	-	-	-	18	-	321	
	25	25	-	-	-	15	-	322	
	-	-	22 **	-	-	12	-	323	
	-	-	15	18	-	6	-	324	
	-	-	15	-	20	*	-	325	
	20	-	-	-	-	-	21	326	
E3	-	-	-	-	-	18	-	331	
	-	25	-	-	-	15	-	332	
	-	-	22	-	-	12	-	333	
	-	-	-	20 **	-	6	-	334	
	-	-	-	-	20	*	-	335	
	-	-	-	-	-	-	21	336	
E1	20	30	-	-	-	5	-	411	T4
	25	30	-	-	-	TS	-	412	
	20	-	25	-	-	8	-	413	
	-	-	15	18	-	6	-	414	
	20	-	-	-	20	*	-	415	
	20	-	-	-	-	-	20	416	
E2	20	20	-	-	-	5	-	421	
	25	20	-	-	-	TS	-	422	
	-	-	22 **	-	-	8	-	423	
	-	-	-	18 **	-	6	-	424	
	20	-	-	-	20	*	-	425	
	-	-	-	-	-	-	20	426	
E3	-	30	-	-	-	5	-	431	
	-	30	-	-	-	TS	-	432	
	-	-	22	-	-	8	-	433	
	-	-	-	18 **	-	6	-	434	
	-	-	-	-	20	*	-	435	
	-	-	-	-	-	-	20	436	

Figura 2

## 5. COMPONENTES DEL FIRME

Entre las diferentes capas que pueden componer un firme analizaremos las siguientes:

### 5.1 Grava-cemento

Se denomina grava-cemento a la mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y eventualmente adiciones que convenientemente compactada, se utiliza en la construcción de firmes de carreteras.

Es un firme de suelo estabilizado con cemento en los que el tamaño del árido es superior a los empleados en ese tipo de estabilizaciones, consiguiéndose una granulometría parecida a la de los hormigones corrientes.

El contenido de cemento en peso respecto al total de los áridos será del 3% como mínimo y del 4,5 % como máximo.

Las resistencias que llegan a conseguirse son de hasta 150 kg/cm<sup>2</sup>.

Las características que han de cumplir los finos son (plasticidad de los finos):

- LL < 25
- IP < 6
- EA > 30

En las secciones de firme cuya numeración ter-

mine en 4 deberá cumplirse una de las dos condiciones siguientes:

- A compresión simple: 6 MPa a 7 días.  
9 MPa a 90 días.
- A tracción indirecta: 0,5 MPa a 7 días.  
0,75 MPa a 90 días.

### 5.2 Suelo-cemento

Es el suelo estabilizado con cemento cuya mezcla se realiza en central, debidamente controlada.

La resistencia a compresión simple no deberá ser inferior a 2,5 MPa a 7 días, ni alternativamente a 3,8 MPa a 90 días.

El suelo-cemento podrá ser sustituido por grava-cemento si las disponibilidades así lo justificaran.

### 5.3 Zahorra natural

Es el material utilizado para la ejecución de una sub-base granular, definiéndose ésta como la capa de material granular situada entre la base del firme y la explanada.

Los materiales serán áridos naturales, o procedentes de machaqueo y trituración de piedra de cantera o grava natural, escorias, suelos seleccionados, o materiales locales, exentos de arcilla, margas u otras materias extrañas.

Las condiciones que debe cumplir la mezcla serán las siguientes:

- La fracción cernida por el tamiz 0,080 UNE será menor que los 2/3 de la fracción cernida por el tamiz 0,40 UNE en peso.
- El tamaño máximo no rebasará la mitad del espesor de la tongada compactada.
- LL < 25
- IP < 6
- EA > 25
- Podrá sustituirse por zahorra artificial con el mismo espesor.

VALORES DE LOS SOBREANCHOS		
Por derrames (d)	Hormigón vibrado	0
	Otros materiales	e <sub>s</sub>
Por criterios constructivos (Capa inferior) (S)	Mezclas bituminosas	5
	Capas tratadas con conglomera- ntes hidráulicos	6 a 10
	Capas granulares	10 a 15

Figura 3

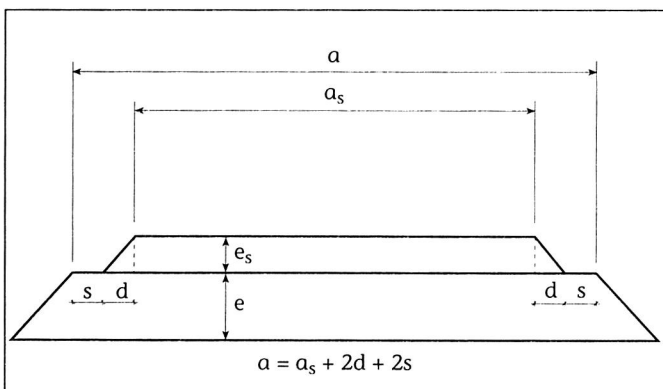


Figura 4

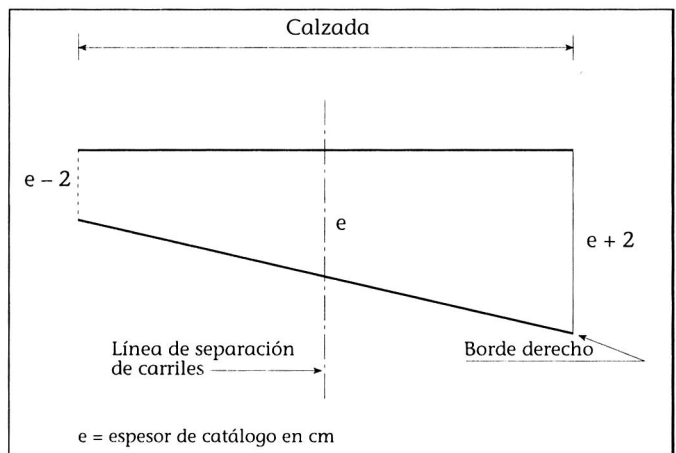


Figura 5

– Si la explanada no estuviera estabilizada y su IP > 10, la zahorra natural deberá ser drenante y desaguar a un sistema de drenaje adecuado.

**Ejecución:** Una vez comprobado que la superficie sobre la que va a asentarse tiene la densidad y rasante debidas, se extiende la tongada con el espesor lo suficientemente reducido como para conseguir en todo el espesor el grado de compactación exigido. A continuación se humectará, si es preciso, y después se compactará al 95% Proctor Modificado, haciéndolo longitudinalmente desde el borde hacia el centro, solapando las pasadas un ancho no inferior a 1/3 del elemento compactador.

## 5.4 Zahorra artificial

Se denomina zahorra artificial a una mezcla de áridos, total o parcialmente machacados, en la cual la granulometría del conjunto de los componentes es de tipo continuo.

Las condiciones que debe cumplir la mezcla son:

- La fracción cernida por el tamiz 0.080 UNE será menor que la mitad (1/2) de la fracción cernida por el tamiz 0.40 UNE en peso.
- El tamaño máximo no rebasará la mitad (1/2) de la tongada compactada.
- La curva granulométrica estará dentro de los husos reseñados en el cuadro 501.1 del PG 3.
- El material no será plástico.
- El equivalente de arena EA > 30.

**Ejecución:** Una vez comprobado que la superficie sobre la que va a asentarse tiene la densidad y rasante debida, se extenderá en tongadas de extensión uniforme, lo suficientemente reducido para que con los medios disponibles se obtenga en todo el espesor el grado de compactación exigido. A continuación, si es necesario, se procederá a la humectación uniforme de la misma. Después se procederá a la compactación hasta alcanzar los siguientes valores Proctor Modificado:

- 100% en capas de base para tráfico pesado y medio.
- 98% en capas de base para tráfico ligero.
- 95% en capas de sub-base.

El apisonado se ejecutará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores, progresando hacia el centro y solapándose en cada recorrido un ancho no inferior a 1/3 del elemento compactador. El acabado final se efectuará utilizando rodillos estáticos.

## 5.5 Macadam

Es un material constituido por un conjunto de áridos de granulometría discontinua, formado por un árido grueso que se receba con un material fino que rellena los huecos.

Dentro de sus características están las siguientes:

- Su resistencia es considerablemente superior a la de los suelos consolidados.

- Además de poder utilizarse como pavimento para tráfico muy escaso, son unos muy buenos cimientos de firmes de mejor calidad.

- Su espesor una vez apisonado debe ser como mínimo de 15 cm.

**Condiciones de los materiales:**

### a. Árido grueso:

Procederá del machaqueo y la trituración de piedra de cantera o grava natural debiendo contener como mínimo un 75%, en peso, de elementos machacados que presenten dos o más caras de fractura. Su tamaño debe oscilar entre 4 y 8 cm y su forma debe ser lo más cúbica posible.

Son buenos materiales para utilizarlo como árido grueso los siguientes: catizas duras, cuarcitas, los pórfidos y rocas volcánicas como los basaltos, dioritas y ofitas. Los granitos no son piedras apropiadas para el uso del betún por lo que no deben usarse como árido grueso del macadam ya que éste frecuentemente es tratado con material bituminoso.

Este árido se compondrá de elementos limpios, sólidos y resistentes, de uniformidad razonable, exentos de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas.

### b. Árido fino:

Será, en general, un suelo seleccionado, una arena natural, detritus de machaqueo o materia local como granitos, calizas o margas. Las arenas pueden ser ligeramente arcillosas, no obstante, las arcilla no son recomendables.

Las condiciones que debe cumplir el material de recebo son las siguientes:

- La totalidad del recebo pasará por el cedazo 10 UNE.
- La fracción cernida por el tamiz 5 UNE será superior al 85% en peso.
- La fracción cernida por el tamiz 0.080 UNE estará comprendida entre el 10% y el 25% en peso.
- El recebo deberá no ser plástico.
- El equivalente de arena EA > 30.
- El tamaño del árido fino ha de ser menor de 1/6 del tamaño medio del árido grueso.
- El volumen de recebo será aproximadamente 1/3 del volumen de la piedra.

**Ejecución:** Primero se **preparará la superficie existente**, corrigiendo las irregularidades que excedan de las toleradas. A continuación se **extiende y compacta el árido grueso**, en tongadas de espesor uniforme (10 a 20 cm). La compactación se ejecutará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores, progresando hacia el centro y solapándose los recorridos un ancho de 1/3 del ancho del elemento compactador.

Una vez el árido haya quedado perfectamente encajado, se procederá al **recebado** de sus huecos, que se realizará con elementos vibratorios, cepillos o

escobas de mano. La humectación de la superficie se realizará de manera uniforme. Posteriormente las zonas que no hayan quedado suficientemente rellenas de recebo se tratarán manualmente, completándose el acabado final mediante el uso de rodillos estáticos.

## 5.6 Hormigón vibrado

Es el pavimento constituido por losas de hormigón en masa o armado.

Las condiciones que han de cumplir los materiales son las siguientes:

- El cemento cumplirá las exigencias de la norma y pertenecerá a algunas de las clases establecidas por ella.
- El contenido en aluminato tricálcico será  $< 10\%$ .
- El principio de fraguado no tendrá lugar antes de las dos (2) horas.
- El porcentaje de partículas silíceas del árido fino del hormigón de la capa superior será  $> 30\%$ .
- La curva granulométrica estará dentro del huso adecuado.
- El tamaño máximo del árido será  $< 50$  mm y  $<$  que la mitad (1/2) del espesor de la capa que vaya a emplearse.
- Los pasadores estarán constituidos por barras lisas de acero, debiendo evitarse su adherencia con el hormigón.
- Las barras de unión serán corrugadas, con límite elástico  $> 50$  Kp/mm<sup>2</sup>, y diámetro mínimo  $\varnothing 14$  mm para barras longitudinales y  $\varnothing 10$  mm para las transversales.
- Las mallas electrosoldadas tendrán una separación mínima en la retícula longitudinal, de 10 cm.
- El material de relleno en juntas de dilatación tendrá la suficiente compresibilidad para permitir la dilatación de las losas, y su espesor será de  $e = 15$  a 18 mm.

**Ejecución:** En primer lugar se **preparará la superficie de apoyo del hormigón**, eliminando las irregularidades que excedan las tolerancias. Se impermeabilizará la superficie de apoyo del hormigón con un producto bituminoso o papel especial. En la **fabricación del hormigón** se combinarán adecuadamente los áridos de los tamaños especificados con el cemento, agua y eventuales aditivos en las proporciones prefijadas.

Una vez amasado el hormigón en central amasadora se **colocarán los encofrados o elementos de rodadura de las máquinas**, y con anterioridad al vertido del hormigón se **colocarán los elementos de las juntas**.

Es imprescindible que **las armaduras** se coloquen paralelas a la superficie del pavimento, disponiéndose las armaduras transversales por debajo de las longitudinales.

Antes de una hora de la fabricación del hormi-

gón se realizará su **puesta en obra**, ejecutándose el hormigonado por carriles de ancho constante, separados por juntas longitudinales de construcción. Después se procede al **acabado** de los bordes y se da una textura superficial en forma de estriado o ranurado antes del comienzo del fraguado del hormigón, que se obtiene por la aplicación manual o mecánica de un cepillo con púas de plástico o alambre.

Por último se procede al **curado del hormigón**, bien con filmógenos, por humedad o mediante membranas impermeables y al **sellado de las juntas** en su caso.

## 5.7 Mezclas bituminosas

### 5.7.1 Tratamiento superficial con lechada bituminosa

Se define como tratamiento superficial con lechada bituminosa la aplicación, sobre un pavimento, de una suspensión en agua de un mortero bituminoso de consistencia apropiada, fabricado con áridos, emulsión asfáltica y eventualmente agua.

Los materiales deben cumplir las condiciones siguientes:

- El árido grueso, fracción de árido retenido en el tamiz 2,5 UNE, procederá de machaqueo y trituración de piedra de cantera o de grava natural, en cuyo caso el rechazo del tamiz 5 UNE deberá contener, como mínimo, un 75% en peso de elementos machacados que presenten dos o más caras de fractura.
- El árido fino, fracción de árido que pasa por el tamiz 2,5 UNE y queda retenido en el tamiz 0,080 UNE, podrá ser arena natural, y arena procedente de machaqueo, siempre exenta arcillas o materias orgánicas.
- El filler, fracción mineral que pasa por el tamiz 0,080 UNE, procederá del machaqueo de los áridos, o preparado específicamente para este fin.
- La densidad del filler estará comprendida entre 0,5 g/cm<sup>3</sup> y 0,8 g/cm<sup>3</sup>.
- El equivalente de arena será  $> 35$ .

**Ejecución:** Una vez estudiada y aprobada la fórmula de la lechada (granulometría de los áridos, % en peso de emulsión asfáltica, tiempo de rotura y cantidad de agua) se procede a su fabricación, que incluye la preparación de los áridos, suministrándose en los tipos necesarios para obtener la granulometría deseada, y la mezcla, que puede hacerse en hormigoneras fijas o móviles.

A continuación se procede a la **preparación de la superficie**, limpiándola mediante barredoras mecánicas, prestando especial atención a los bordes. Previamente a la aplicación de la lechada se humedece uniformemente con agua la superficie a tratar.

Seguidamente se realiza la **extensión de la lechada** mediante una caja repartidora, y con me-

dios manuales en las zonas inaccesibles. En caso de aplicarse una segunda lechada, debe hacerse después de que haya curado por completo el material extendido en la primera aplicación.

Debe tenerse la precaución de no aplicar la lechada bituminosa con temperaturas ambiente inferiores a los 5°C. Debe evitarse también la acción de todo tipo de tráfico sobre las capas que no hayan curado completamente.

**5.7.2 Mezclas bituminosas en frio**

Son las combinaciones de áridos y un ligante bituminoso en las que no es preciso calentar previamente los áridos, y que se extienden y compactan a temperatura ambiente.

Las condiciones que deben cumplir los materiales son similares a las exigencias para el tratamiento superficial con lechada bituminosa.

**Ejecución:** En primer lugar debe hacerse un estudio de la mezcla y de la fórmula de trabajo, basándose fundamentalmente en la granulometría de los áridos y el % en peso de ligante bituminoso a emplear. Esta fórmula debe tener en cuenta las tolerancias admisibles para los áridos y el ligante establecidas en la figura 6.

La **fabricación de la mezcla** se hace en fracciones homogéneas que eviten el peligro de segregación.

A continuación se **prepara la superficie** comprobando la adecuación con las rasantes establecidas en el proyecto y corrigiendo las irregularidades que excedan de las tolerancias. Se realiza el riego de imprimación o de adherencia en su caso. Después se lleva a cabo la **extensión de la mezcla** de forma que la superficie de la capa extendida quede lisa y con un espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a la sección transversal, rasante y perfiles indicados en los Planos.

La colocación se inicia a lo largo del borde de la calzada en las zonas a pavimentar con sección bombeada, o en el lado de cota inferior en las secciones con pendiente en un solo sentido, disponiendo la mezcla en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales y conseguir la mayor continuidad de la operación de extendido. Seguidamente se procede a la **compactación** hasta alcanzar la densidad especificada, eliminando en las últimas pasadas las huellas dejadas en pasadas anteriores. Debe realizarse de manera continua y con los equipos de compactación limpios. Las juntas deben presentar la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa. Las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad se pintan con una capa uniforme y ligera de tigrante de adherencia antes de colocar la mezcla nueva, dejándolo curar suficientemente.

Tras terminarse la compactación y una vez alcanzada la densidad adecuada se comprueba la existencia de irregularidades para su corrección.

Después de este proceso la capa debe presentar una textura plana, uniforme y exenta de segregaciones.

**5.7.3 Mezclas bituminosas en caliente**

Es la combinación de áridos y un ligante bituminoso en la que es preciso calentar previamente los áridos y el ligante, extendiéndose y compactándose la mezcla a temperatura superior a la del ambiente.

Las condiciones de los materiales son similares a las exigencias en los tratamientos superficiales con lechada bituminosa.

**Ejecución:** Primero se precisa de un estudio de la mezcla para la obtención de la fórmula de trabajo, en el que deben incluirse:

- 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 % en peso del total de la mezcla de áridos, de ligante bituminoso a emplear.
- Las temperaturas máxima y mínima de calentamiento previo de áridos y ligante.
- Las temperaturas máxima y mínima de la mezcla al salir del mezclador.
- La temperatura mínima de la mezcla en la descarga de los elementos de transporte.
- La temperatura mínima de la mezcla al iniciarse la compactación.

Una vez determinada la fórmula de la mezcla se procede a su fabricación, calentando los áridos antes de su mezcla con el ligante bituminoso. Esta mezcla se transporta en camiones al lugar de aplicación, cuidando de que la temperatura en el momento de descargar a la extendedora no sea inferior a la especificada en el estudio.

Previamente a la extensión de la mezcla se **prepara la superficie** comprobando que tiene la densidad adecuada, eliminando irregularidades y ejecutando los riegos de imprimación o adherencia en su caso. Tras esta operación se **extiende la mezcla** de manera análoga a como se procede con las mezclas bituminosas en frío, pero tratando, en lo posible, de realizar la extensión en todo el an-

<b>Aridos y Filler</b>	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
<b>Ligante</b>	Ligante	± 0,5% del peso total de áridos

Figura 6

cho a pavimentar, trabajando si es necesario con dos o más extendedoras ligeramente desfasadas. En caso contrario, después de haber extendido y compactado la primera franja, se extenderá la segunda y siguientes y se ampliará la zona de compactación para que incluya 15 cm de la primera franja. Las franjas sucesivas deben colocarse mientras el borde de la franja contigua se encuentre aún caliente y en condiciones de ser compactado fácilmente. De no ser así debe hacerse una junta longitudinal.

La compactación de la mezcla debe comenzar a la temperatura más alta posible tan pronto como se observe que la mezcla puede soportar la carga a que se somete sin que se produzcan desplazamientos indebidos. Se compactarán en primer lugar las juntas transversales, las longitudinales y el borde exterior, continuándose con la totalidad de la mezcla mientras ésta se mantenga caliente y en condiciones de ser compactada hasta que se alcance la

densidad especificada. A las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad se aplicará una capa uniforme y ligera de ligante de adherencia antes de colocar la mezcla nueva, dejándolo curar suficientemente.

Una vez acabada la compactación, alcanzada la densidad adecuada, la capa estará finalizada cuando esté a la temperatura ambiente.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- 1 *Instrucción 6.1-IC/6.2-IC, sobre firmes, Sección de firmes.* MOPT. Madrid. Abril 1990.
- 2 *Instrucción sobre firmes en autovías.* MOPT. Madrid. Noviembre 1987.
- 3 *Pliego general de carreteras PG-4.* MOPT. Madrid 1990.