

**INSTRUCCIONES GENERALES
PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS
Y EJECUCIÓN DE UNIDADES DE OBRAS SOSTENIBLES**

**PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES
MEZCLAS ASFÁLTICAS SOSTENIBLES**

NOVIEMBRE 2020



Direcció Insular d'Infraestructures
Departament de Mobilitat i Infraestructures
Consell de Mallorca

INDICE DE CONTENIDO

CONTROL DE VERSIONES

PREÁMBULO

MEMORIA

1	MEZCLAS BITUMINOSAS SOSTENIBLES	3
1.1	EQUIPO DE TRABAJO. OBJETIVOS	3
1.2	REQUISITOS MEZCLAS BITUMINOSAS SOSTENIBLES	3
2	INCORPORACIÓN DE NFVU A LAS MEZCLAS BITUMINOSAS	4
2.1	VENTAJAS QUE APORTA EL NFVU A LAS MEZCLAS BITUMINOSAS	4
2.2	SISTEMAS DE INCORPORACIÓN DEL NFVU	4
2.3	TIPOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS EN FUNCIÓN DE LA PROPORCIÓN DE NFVU	5
	2.3.1 Mezclas mejoradas	6
	2.3.2 Mezclas modificadas de alta viscosidad	6
2.4	POLVO DE CAUCHO	6
	2.4.1 Orden circular. Dirección General de Carreteras, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana ..	6
	2.4.2 Definición	6
	2.4.3 Características químicas	6
	2.4.4 Características físicas	7
	2.4.4.1 Densidad	7
	2.4.4.2 Humedad	7
	2.4.4.3 Granulometría	7
	2.4.4.4 Contenido de impurezas	8
	2.4.4.5 Transporte y almacenamiento	8
	2.4.4.6 Recepción e identificación	8
	2.4.4.7 Control de recepción	10
	2.4.4.8 Criterios de aceptación o rechazo	10
2.5	MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE QUE INCORPORAN CAUCHO POR LAS VÍAS HÚMEDA, SECA Y SEMIHÚMEDA	10
	2.5.1 Tipos de mezclas bituminosas	10
	2.5.2 Designación	11
	2.5.3 Tipo y composición de la mezcla	12
	2.5.4 Equipo necesario para la ejecución de las obras	13
	2.5.4.1 Central de fabricación	13
	2.5.4.2 Elementos de transporte	13
	2.5.5 Ejecución de las obras	13
	2.5.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo	13

	2.5.5.2 Tiempo de digestión	14
	2.5.5.3 Fabricación de la mezcla.....	14
	2.5.5.4 Extensión.....	15
	2.5.5.5 Compactación	15
	2.5.6 Control de ejecución.....	15
	2.5.6.1 Fabricación	15
	2.5.6.2 Limitaciones de la ejecución.....	16
	2.5.6.3 Medición y abono.....	16
3	INCORPORACIÓN DE MATERIAL FRESADO Y PREPARADO DE MEZCLAS BITUMINOSAS (RA)	17
3.1	DEFINICIÓN DE RA	17
3.2	TIPOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS CON LA INCORPORACIÓN DE RA.....	17
3.3	UTILIZACIÓN DEL RA	18
3.4	CARACTERÍSTICAS DEL RA Y SU TRATAMIENTO	18
	3.4.1 Homogeneidad.....	18
	3.4.2 Sustancias sólidas contaminantes	19
	3.4.3 Ligante hidrocarbonado	19
	3.4.4 Áridos.....	20
3.5	TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA.....	20
3.6	EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	20
	3.6.1 Instalaciones de tratamiento del RA original.....	20
	3.6.2 Central de fabricación	21
	3.6.2.1 Funcionamiento continuo	21
	3.6.2.2 Funcionamiento discontinuo.....	21
3.7	EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	22
	3.7.1 Fabricación de la mezcla reciclada.....	22
	3.7.1.1 Acopio y tratamiento del RA original	22
	3.7.1.1.1 Consideraciones generales.....	22
	3.7.1.1.2 Caracterización de los acopios del RA tratado	22
	3.7.1.2 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.....	23
	3.7.1.3 Fabricación de la mezcla.....	24
	3.7.1.3.1 Central con secador-mezclador continuo	24
	3.7.1.3.2 Central con mezclador discontinuo.....	24
3.8	CONTROL DE CALIDAD	25
	3.8.1 Control de procedencia del RA	25
	3.8.2 Control de calidad de los acopios de RA	26
	3.8.3 Control de fabricación.....	27
3.9	MEDICIÓN Y ABONO	27
4	PROCEDIMIENTOS PARA REBAJAR LAS TEMPERATURAS DE TRABAJO DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS	28
4.1	CONSIDERACIONES GENERALES.....	28

4.1.1	Sostenibilidad.....	28
4.1.2	Tipos de mezclas bituminosas en función de las temperaturas de trabajo.....	28
4.2	SISTEMAS PARA REBAJAR LAS TEMPERATURAS DE TRABAJO DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS	28
5	TIPOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS SOSTENIBLES	30
5.1	MEZCLAS BITUMINOSAS PARA CAPAS DE RODADURA.....	30
5.2	MEZCLAS BITUMINOSAS PARA CAPAS INTERMEDIA Y BASE.....	30
5.3	MEZCLAS BITUMINOSAS QUE INCORPORAN POLVO DE CAUCHO (NFVU).....	31
5.4	MEZCLAS BITUMINOSAS QUE INCORPORAN ASFALTO RECUPERADO (RA).....	31
5.5	MEZCLAS BITUMINOSAS A BAJAS TEMPERATURAS (SEMICALIENTES)	32
5.6	MARCADO CE.....	32
6	MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO SMA.....	33
6.1	DEFINICIÓN.....	33
6.2	MATERIALES.....	33
6.2.1	Consideraciones generales	33
6.2.2	Ligantes hidrocarbonados	34
6.2.3	NFVU	35
6.2.3.1	Definición.....	35
6.2.3.2	Características	35
6.2.4	RA.....	35
6.2.4.1	Definición.....	35
6.2.4.2	Características	35
6.2.5	Áridos.....	36
6.2.5.1	Características generales	36
6.2.5.2	Árido grueso	36
6.2.5.2.1	Definición.....	36
6.2.5.2.2	Procedencia.....	36
6.2.5.2.3	Angulosidad (porcentaje de caras de fractura)	37
6.2.5.2.4	Forma (índice de lajas).....	37
6.2.5.2.5	Resistencia a la fragmentación (coeficiente de Los Ángeles)	38
6.2.5.2.6	Resistencia al pulimento (coeficiente de pulimento acelerado)	38
6.2.5.2.7	Limpieza (contenido de impurezas)	38
6.2.5.3	Árido fino.....	39
6.2.5.3.1	Definición.....	39
6.2.5.3.2	Procedencia.....	39
6.2.5.3.3	Limpieza	39
6.2.5.3.4	Resistencia a la fragmentación	39
6.2.5.4	Polvo mineral.....	39
6.2.5.4.1	Definición.....	39
6.2.5.4.2	Procedencia.....	40
6.2.5.4.3	Granulometría.....	40

	6.2.5.4.4 Finura y actividad	41
6.3	TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA	41
	6.3.1 Designación	41
	6.3.2 Contenido en NFVU	42
	6.3.3 Contenido en RA	42
	6.3.4 Granulometría	43
	6.3.5 Espesor y contenido mínimo de ligante	43
6.4	EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LA OBRA	44
	6.4.1 Consideraciones generales	44
	6.4.2 Central de fabricación	44
	6.4.3 Elementos de transporte	45
	6.4.4 Equipo de extensión	45
	6.4.5 Equipo de compactación	46
6.5	EJECUCIÓN DE LA OBRA	47
	6.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo	47
	6.5.1.1 Principios generales	47
	6.5.1.2 Contenido de huecos	48
	6.5.1.3 Resistencia a la deformación permanente	49
	6.5.1.4 Sensibilidad al agua	50
	6.5.1.5 Escurrimiento del ligante	50
	6.5.2 Preparación de la superficie existente	50
	6.5.3 Aprovechamiento de áridos	50
	6.5.4 Fabricación de la mezcla	51
	6.5.5 Tiempo de digestión	51
	6.5.6 Transporte	52
	6.5.7 Extensión	52
	6.5.8 Compactación	53
	6.5.9 Juntas transversales y longitudinales	54
6.6	TRAMO DE PRUEBA	55
6.7	ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA	56
	6.7.1 Densidad	56
	6.7.2 Rasante, espesor y anchura	56
	6.7.3 Regularidad superficial	57
	6.7.4 Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento de las capas de rodadura	57
6.8	LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN	58
6.9	CONTROL DE CALIDAD	58
	6.9.1 Control de procedencia de los materiales	58
	6.9.1.1 Ligantes hidrocarbonados	59
	6.9.1.2 NFVU	59
	6.9.1.3 RA	59

	6.9.1.4 Áridos.....	59
	6.9.1.5 Polvo mineral.....	60
	6.9.1.6 Aditivos.....	60
	6.9.2 Control de calidad de los materiales.....	60
	6.9.2.1 Ligantes hidrocarbonados.....	60
	6.9.2.2 NFVU.....	61
	6.9.2.3 RA.....	61
	6.9.2.4 Áridos.....	61
	6.9.2.5 Polvo mineral.....	62
	6.9.3 Control de ejecución.....	62
	6.9.3.1 Fabricación.....	62
	6.9.3.2 Puesta en obra.....	65
	6.9.3.2.1 Extensión.....	65
	6.9.3.2.2 Compactación.....	65
	6.9.4 Control de recepción de la unidad terminada.....	66
6.10	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO.....	67
	6.10.1 Densidad.....	67
	6.10.2 Espesor.....	67
	6.10.3 Rasante.....	68
	6.10.4 Regularidad superficial.....	68
	6.10.5 Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento.....	69
	6.10.5.1 Macrotextura superficial de las capas de rodadura.....	69
	6.10.5.2 Resistencia al deslizamiento de las capas de rodadura.....	70
6.11	MEDICIÓN Y ABONO.....	71
7	MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO AC.....	73
7.1	DEFINICIÓN.....	73
7.2	MATERIALES.....	74
	7.2.1 Consideraciones generales.....	74
	7.2.2 Ligantes hidrocarbonados.....	74
	7.2.3 NFVU.....	75
	7.2.3.1 Definición.....	75
	7.2.3.2 Características.....	75
	7.2.4 RA.....	75
	7.2.4.1 Definición.....	75
	7.2.4.2 Características.....	75
	7.2.4.3 Proporción RA en las mezclas AC.....	76
	7.2.5 Mezclas semicalientes.....	76
	7.2.6 Áridos.....	76
	7.2.6.1 Características generales.....	76
	7.2.6.2 Árido grueso.....	77

	7.2.6.2.1 Definición.....	77
	7.2.6.2.2 Procedencia para capas de rodadura.....	77
	7.2.6.2.3 Angulosidad (Porcentaje de caras de fractura).....	77
	7.2.6.2.4 Forma (Índice de lajas).....	78
	7.2.6.2.5 Resistencia a la fragmentación (coeficiente de Los Ángeles).....	78
	7.2.6.2.6 Limpieza (contenido de impurezas).....	78
	7.2.6.3 Árido fino.....	79
	7.2.6.3.1 Definición.....	79
	7.2.6.3.2 Procedencia.....	79
	7.2.6.3.3 Limpieza.....	79
	7.2.6.3.4 Resistencia a la fragmentación.....	79
	7.2.6.4 Polvo mineral.....	79
	7.2.6.4.1 Definición.....	79
	7.2.6.4.2 Procedencia.....	79
	7.2.6.4.3 Granulometría.....	80
	7.2.6.4.4 Finura y actividad.....	80
	7.2.6.4.5 Aditivos.....	81
7.3	TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA.....	81
7.4	EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	83
	7.4.1 Consideraciones generales.....	83
	7.4.2 Central de fabricación.....	84
	7.4.3 Elementos de transporte.....	85
	7.4.4 Equipo de extensión.....	85
	7.4.5 Equipo de compactación.....	86
7.5	EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	86
	7.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.....	86
	7.5.1.1 Principios generales.....	86
	7.5.1.2 Contenido de huecos.....	88
	7.5.1.3 Resistencia a la deformación permanente.....	89
	7.5.1.4 Sensibilidad al agua.....	90
	7.5.2 Preparación de la superficie existente.....	91
	7.5.3 Aprovechamiento de áridos.....	91
	7.5.4 Fabricación de la mezcla.....	92
	7.5.5 Transporte.....	93
	7.5.6 Extensión.....	93
	7.5.7 Compactación.....	94
	7.5.8 Juntas transversales y longitudinales.....	94
7.6	TRAMO DE PRUEBA.....	94
7.7	ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.....	95
	7.7.1 Densidad.....	95

7.7.2	Rasante, espesor y anchura	95
7.7.3	Regularidad superficial.....	96
7.8	LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN	96
7.9	CONTROL DE CALIDAD.....	97
7.9.1	Control de procedencia de los materiales	97
7.9.1.1	Ligantes hidrocarbonados.....	97
7.9.1.2	NFVU	97
7.9.1.3	RA.....	97
7.9.1.4	Áridos.....	98
7.9.1.5	Polvo mineral.....	98
7.9.2	Control de calidad de los materiales	99
7.9.2.1	Ligantes hidrocarbonados.....	99
7.9.2.2	NFVU	99
7.9.2.3	RA	99
7.9.2.4	Áridos.....	99
7.9.2.5	Polvo mineral.....	100
7.9.3	Control de ejecución.....	100
7.9.3.1	Fabricación	100
7.9.3.2	Puesta en obra	103
7.9.3.2.1	Extensión.....	103
7.9.3.2.2	Compactación.....	103
7.9.4	Control de recepción de la unidad terminada	104
7.10	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO.....	104
7.10.1	Densidad	104
7.10.2	Espesor.....	105
7.10.3	Rasante	105
7.11	MEDICIÓN Y ABONO	106

INSTRUCCIONES GENERALES PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS Y EJECUCIÓN DE UNIDADES DE OBRA. MEZCLAS BITUMINOSAS SOSTENIBLES

CONTROL DE VERSIONES

Versión	Fecha	Observaciones
Noviembre 2020 1.0	23/11/2020	Versión inicial
Noviembre 2020 1.1	18/01/2021	Corrección gramatical

PREÁMBULO

La sociedad ha tomado consciencia de la importancia de reducir el impacto sobre el medio ambiente durante la construcción y mantenimiento de las infraestructuras necesarias para el desarrollo urbano y periurbano. Las buenas prácticas constructivas deben avanzar de forma continua en la búsqueda de los mejores métodos y las tecnologías más eficientes, que garanticen la sostenibilidad de las obras.

Por tanto, la innovación en nuevos procesos y materiales debe ser un objetivo ineludible para promotores, proyectistas y/o directores de obra, como respuesta al mandato de la sociedad para que el desarrollo de las ciudades sea compatible con preservar el medio ambiente y los recursos naturales para las generaciones venideras. Incrementar la durabilidad de las infraestructuras es otra forma de mejorar su sostenibilidad, al reducir las operaciones de mantenimiento y reposición necesarias para aumentar la vida útil prevista en cada proyecto.

El lema del Simposio Nacional de Firms SNF 2018 (Madrid noviembre de 2018) fue *"En ruta hacia la economía circular"*, el reto propuesto es el de transformar, en la ejecución de las infraestructuras viarias, la forma de consumo lineal (extraer, fabricar, utilizar y eliminar) a una forma de consumo circular (extraer, fabricar, consumir, compartir, reparar, valorizar, reutilizar)

Es compromiso de la Direcció Insular d'Infraestructures del Consell de Mallorca, tanto para la promoción de nuevas infraestructuras viarias como el mantenimiento de las existentes, que estas tareas se enfoquen en base a la economía circular.

Para ello, el Departament de Mobilitat de la Direcció Insular d'Infraestructures del Consell de Mallorca ha decidido la creación de equipos de trabajo con el objetivo de redactar normativas que eliminen barreras técnicas que existen actualmente que limitan la sostenibilidad.

El presente documento es la normativa que regulará las mezclas bituminosas.

Mi agradecimiento a los miembros del equipo de trabajo:

Dirección

- Lara Ataun Consell de Mallorca
- Miguel Ángel Sagrera Consell de Mallorca

Ponentes

- Manuel Salas CEMOSA
- Juan Arrom MAB

Participantes

- José Manuel Blanco AGLOMSA
- Cristina Maestre IGETEC
- Guillermo Fernández LBC
- Ángel Rivera BLAUQ
- Mar Buades ABISA, SON SUAUI
- Miguel Ángel Sanz CIRTEC
- Luis de León CIRTEC
- Miguel Tavira MAB

Consultor

- Ángel Sampedro Universidad Alfonso X el Sabio

MEMORIA

1 MEZCLAS BITUMINOSAS SOSTENIBLES

1.1 EQUIPO DE TRABAJO. OBJETIVOS

Los objetivos encomendados al equipo de trabajo fueron:

- Implementar nuevos métodos que permiten un menor consumo de recursos naturales y energéticos para mejorar la sostenibilidad en los procesos constructivos.
- Diseñar un óptimo aprovechamiento de las materias primas y la máxima valorización posible de los residuos o subproductos procedentes de las obras, o de otros sectores industriales, para promover la economía circular en el sector de la construcción y disminuir las emisiones asociadas a esta actividad.
- En cualquier caso, todo sistema constructivo debe asegurar el cumplimiento de los requisitos mínimos solicitados por la normativa vigente, al menos, desde el punto de vista mecánico o estructural.

Estos objetivos han concluido en la redacción de la presente normativa técnica, denominada **INSTRUCCIONES GENERALES PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS Y EJECUCIÓN DE UNIDADES DE OBRAS**, que serán utilizadas por los técnicos de las obras promovidas por el Consell, desde la fase de diseño hasta la ejecución y posterior conservación, que:

- Permita asegurar que la calidad obtenida es la prevista en el proyecto y
- Que aporta un mayor índice de contribución a la sostenibilidad.

Para la redacción de la normativa el equipo de trabajo se ha fundamentado en:

- La experiencia existente sobre mezclas bituminosas que incorporan residuos.
- La experiencia existente en mezclas bituminosas semicalientes.
- La experiencia de pavimentos ejecutados en Mallorca con estos tipos de mezclas bituminosas.

1.2 REQUISITOS MEZCLAS BITUMINOSAS SOSTENIBLES

En estas Instrucciones Generales, para que una mezcla bituminosa adquiriera la categoría de sostenible:

- Ha de incorporar en su fabricación residuos generados por diferentes sectores como son los Neumáticos en el Final de su Vida Útil (en adelante NFVU) y/o el Residuo generado en el Fresado de las Mezclas Bituminosas (en adelante RA), lo que conllevará a la disminución de vertederos y preservación de recursos naturales en la isla.
- También es objetivo de sostenibilidad que las mezclas bituminosas se fabriquen a la menor temperatura posible.

2 INCORPORACIÓN DE NFVU A LAS MEZCLAS BITUMINOSAS

2.1 VENTAJAS QUE APORTA EL NFVU A LAS MEZCLAS BITUMINOSAS

En el MANUAL DE EMPLEO DE CAUCHO DE NFU EN MEZCLAS BITUMINOSAS (en adelante Manual NFU) del Ministerio de Fomento se indican las ventajas técnicas que el empleo de polvo de NFU aporta a las mezclas bituminosas fabricadas con esta adición:

La adición de polvo de caucho a un betún o a una mezcla bituminosa tiene dos efectos principales:

- *El polvo de caucho actúa como espesante, aumentando la viscosidad del ligante. En las mezclas bituminosas esto permite envolver los áridos con películas más gruesas de betún sin que se produzcan escurrimientos o exudaciones.*
- *La adición de polvo de caucho modifica la reología de los betunes, de manera que aumentan su elasticidad y resiliencia a temperaturas elevadas y disminuye la susceptibilidad térmica.*

El efecto conjunto de estas modificaciones permite conseguir en las mezclas bituminosas:

- *Mejor resistencia a las roderas que las mezclas convencionales, por su elevada viscosidad, punto de reblandecimiento y resiliencia (ligante más elástico y viscoso a las temperaturas altas de servicio).*
- *Menor susceptibilidad a la temperatura que las mezclas convencionales.*
- *Mayor resistencia al agrietamiento, tanto por fatiga como por reflexión de las capas inferiores que las mezclas convencionales, debido a los mayores contenidos de ligante que permite esta técnica.*
- *Mayor resistencia al envejecimiento y a la oxidación que las mezclas convencionales, por el potencial de utilizar mayores dotaciones de ligante y por la presencia de los antioxidantes del caucho de los NFUs.*

2.2 SISTEMAS DE INCORPORACIÓN DEL NFVU

La incorporación del NFVU en la fabricación de las mezclas bituminosas se puede realizar por uno de los siguientes procedimientos:

- **Por vía húmeda**, procedimiento que consiste en la mezcla a alta temperatura de polvo de caucho con un betún asfáltico (como uno más de sus componentes) durante el tiempo suficiente para modificar sus propiedades.

Nota. Este sistema consiste en la modificación del betún con la adición del polvo de NFVU, previo a su incorporación a la mezcla.

Para su fabricación, es necesario contar con una planta de modificación de betunes incorporada a la planta de fabricación de mezclas

Una vez producido el betún-caucho obtenido se incorpora directamente al mezclador de la planta asfáltica.

- **Por vía seca**, procedimiento que consiste en la incorporación del polvo de caucho directamente a la amasadora de la central de fabricación de la mezcla bituminosa, como uno más de sus componentes.

- **Por vía semihúmeda**, en este procedimiento se dosifica por vía seca un polvo de caucho pretratado en origen con otros componentes, y cuya finalidad es facilitar la incorporación de dicho polvo de caucho a la mezcla bituminosa sin necesidad de los tiempos de espera requeridos para la vía seca con polvo de caucho convencional. Al igual que para la vía seca el caucho pretratado se incorpora directamente a la amasadora de la central de fabricación de la mezcla bituminosa, como uno más de sus componentes.

Nota. el polvo de caucho pretratado con betún, (en adelante aditivos de NFVU) se fabrica en factoría industrial mediante un proceso de vía húmeda.

Estos aditivos de NFVU se incorporan directamente al mezclador consiguiendo las mismas prestaciones en la mezcla bituminosa que los incorpora que las obtenidas por la vía húmeda anteriormente definida.

En los siguientes apartados se especifica el sistema de incorporación que estas Instrucciones han decidido para los diferentes tipos de mezclas bituminosas:

2.3 TIPOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS EN FUNCIÓN DE LA PROPORCIÓN DE NFVU

El grado de mejora que se quiera conseguir para la mezcla bituminosa dependerá de la dotación de polvo de caucho NFVU que se utilice.

De acuerdo con ello las mezclas bituminosas, en este Pliego, se clasifican como:

- **Mezclas mejoradas**, con dotaciones de polvo de NFVU del 6 al 12% (en porcentaje sobre peso total del ligante con caucho empleado)
- **Mezclas modificadas**, con dotaciones de polvo de NFVU superiores al 12 hasta el 15% (en porcentaje sobre peso total del ligante con caucho empleado)
- **Mezclas modificadas de alta viscosidad**, con dotaciones de polvo de NFVU superiores al 15% (en porcentaje sobre peso total del ligante con caucho empleado)

Cualquiera de las mezclas mencionadas cumplirá, en lo que a contenido de polvo de caucho se refiere, el máximo entre los valores mencionados en el punto anterior y los definidos en la tabla 2.3 (apartado 2.5.3) de estas Instrucciones.

En estas Instrucciones se ha optado por los siguientes tipos de mezclas bituminosas con NFVU:

- Para las mezclas en capa de rodadura:
 - o Mezclas modificadas de alta viscosidad.
- Para las mezclas en capas de base e intermedia
 - o Preferentemente mezclas mejoradas.
 - o También se podrá optar por:
 - Mezclas modificadas
 - Mezclas modificadas de alta viscosidad.

2.3.1 Mezclas mejoradas

Se empleará el aditivo de NFVU pretratado y por lo tanto la incorporación a las mezclas será por la denominada vía semihúmeda.

2.3.2 Mezclas modificadas de alta viscosidad

Se empleará el aditivo de NFVU pretratado y por lo tanto la incorporación a las mezclas será por la denominada vía semihúmeda.

También podrá emplearse la vía húmeda in situ, al ser la única alternativa por vía húmeda técnicamente viable para betunes modificados de alta viscosidad con elevados contenidos de polvo de caucho en su composición.

2.4 POLVO DE CAUCHO

2.4.1 Orden circular. Dirección General de Carreteras, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

Lo indicado en este apartado se fundamenta en el borrador propuesto de Orden Circular de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transporte Movilidad y Agenda Urbana, que actualizará la normativa técnica referente al uso y especificaciones que deberán cumplir los ligantes y mezclas bituminosas que incorporen caucho procedente de neumáticos al final de su vida útil (NFVU).

2.4.2 Definición

Se define como polvo de caucho para su aplicación en obras de pavimentación a las partículas de tamaño no superior a ocho décimas de milímetro ($\nless 0,8$ mm) obtenidas del proceso de granulación y molienda de neumáticos al final de su vida útil (NFVU), compuestas por una mezcla de caucho natural y cauchos sintéticos, tras haber procedido a la retirada de sus componentes ferromagnéticos, textiles y contaminantes.

El polvo de caucho puede incorporar aditivos que mejoren su empleo, denominándose polvo de caucho aditivado, o haber sido sometido a procesos de tratamiento para modificar sus propiedades, obteniéndose lo que se denomina polvo de caucho pretratado (aditivo de NFVU).

2.4.3 Características químicas

El polvo de caucho está compuesto por una mezcla de caucho natural (NR) y cauchos sintéticos (SBR y BR), cuya proporción depende del origen de los neumáticos de partida.

La composición química del polvo de caucho puede determinarse de acuerdo con la especificación técnica CEN/TS 17307. Su finalidad principal será la comprobación de que el

material procede de neumáticos y la homogeneidad de su composición (proporción de neumáticos de camión y de turismo) a lo largo del suministro.

El polvo de caucho aditivado y pretratado contendrán, además, otros elementos o aditivos cuya finalidad sea facilitar su incorporación a betunes y mezclas asfálticas. El fabricante o suministrador aportará información sobre el contenido de los materiales empleados en la fabricación de dicho producto que se tendrá en cuenta a la hora de su incorporación.

En cualquier caso, el contenido en caucho del polvo de caucho aditivado y pretratado no será inferior al setenta por ciento ($\geq 70\%$) ni al cincuenta por ciento ($\geq 50\%$) respectivamente

2.4.4 Características físicas

2.4.4.1 Densidad

La densidad aparente de las partículas de caucho puede variar ligeramente en función del proceso de producción, pudiéndose tomar como valor medio cinco décimas de gramo por centímetro cúbico (0,5 g/cm³). Su densidad real (CEN/TS 17189) es de uno con diecinueve gramos por centímetro cúbico con una tolerancia de seis centésimas de gramo por metro cúbico ($1,19 \pm 0,06$ g/cm³).

La densidad real y aparente de las partículas de caucho pretratado variará en función del proceso de pretratamiento, por lo que sus valores deberán ser declarados por el fabricante o suministrador.

2.4.4.2 Humedad

El contenido de humedad del polvo de caucho debe controlarse para evitar la formación de espumas durante su empleo. Su contenido será inferior al tres por mil ($< 3\%$) (CEN/TS 16916).

2.4.4.3 Granulometría

La granulometría del polvo de caucho, determinada de conformidad con el método de ensayo descrito en la norma UNE-EN 14243-2, deberá ajustarse a los husos descritos en la Tabla 2.1 en función de su forma de empleo.

TABLA 2.1 – HUSOS GRANULOMÉTRICOS DEL POLVO DE CAUCHO A EMPLEAR EN BETUNES Y MEZCLAS BITUMINOSAS

Forma de empleo	Tipo de NFVU	Cernido ponderal acumulado (% en masa) Abertura de los tamices (mm)					
		0.8	0.71	0.5	0.25	0.125	0.063
Vía húmeda		97-100	75-100	50-100	5-75	0-15	0-15
Vía seca / semihúmeda	Normal (*)	-	-	97-100	0-75	0-40	0-25
	Aditivado						
	Pretratado	90-100	75-100	40-90	10-50	5-30	0-15

(*) Polvo de caucho sin ningún tipo de tratamiento.

2.4.4.4 Contenido de impurezas

El contenido de materiales ferromagnéticos, fibras textiles e impurezas en el polvo de caucho, determinado de conformidad con la norma UNE-EN 14243-2, deberá cumplir los límites indicados en la Tabla 2.2.

TABLA 2.2 – CONTENIDO DE IMPUREZAS EN EL POLVO DE CAUCHO (UNE-EN 14243-2)

Impurezas	Porcentaje en masa
Materiales ferromagnéticos	≤ 1
Fibras textiles	≤ 0.25
Otras	≤ 0.25

2.4.4.5 Transporte y almacenamiento

El polvo de caucho puede suministrarse a granel o en sacas (big bags). En el primer caso se almacenará en un silo especialmente identificado. En los suministros mediante sacas, éstas deberán estar fechadas y deberán acopiarse en almacenes ventilados, protegidas de la lluvia y del sol.

Cuando el periodo de almacenamiento sea superior a seis (> 6) meses, deberá comprobarse que no se han producido aglutinaciones antes de proceder a su empleo. En caso de haberse producido, el producto deberá ser necesariamente tratado, por ejemplo, mediante un cribado por vibración, para permitir su uso correcto.

2.4.4.6 Recepción e identificación

Cada partida irá acompañada de un albarán y de una hoja de características del producto en los que debe figurar, al menos, la información que se indica a continuación.

El albarán contendrá explícitamente los siguientes datos:

- Nombre y dirección de la empresa suministradora.
- Fecha de fabricación y de suministro.

- Identificación del vehículo que lo transporta.
- Forma de suministro (a granel o en sacas).
- Cantidad que se suministra.
- Denominación comercial, si la hubiese, y tipo de polvo de caucho suministrado (normal, aditivado, pretratado).
- Nombre y dirección del comprador y del destino.
- Referencia del pedido.

La hoja de características deberá incluir la siguiente información:

- Número de lote de fabricación.
- Descripción del producto en función del origen del neumático: camión, turismo, mezcla de ambos indicando la proporción, u otros tipos.
- Granulometría.
- Contenido de humedad.
- Contenido de materiales ferromagnéticos, fibra textil e impurezas.

En el caso de polvo de caucho aditivado y pretratado la hoja de características deberá incluir la siguiente información:

- Número de lote de fabricación.
- Identificación del producto y forma de suministro.
- Declaración del fabricante del contenido de caucho.
- Granulometría.

En el caso de los productos aditivados indicación de los efectos principales sobre el ligante o la mezcla bituminosa.

- En el caso de productos pretratados información sobre sus componentes para poderlos tener en cuenta en la fórmula de trabajo de la mezcla bituminosa.
- Indicaciones sobre forma de incorporación en ligantes o en mezclas bituminosas.
- Otras características relevantes.

NOTA: En el caso de que el polvo de caucho aditivado se suministre en forma de pellets, la granulometría a la que se hace referencia en la hoja de características se refiere a la del caucho normal utilizado, no a la granulometría del pellet.

Además, el polvo de caucho aditivado y el polvo de caucho pretratado deberán estar en posesión de una evaluación técnica de la idoneidad de empleo en la que se indiquen, entre otras, sus características, forma de uso, limitaciones de empleo, en su caso, y se establezca su idoneidad para ser empleados como aditivos en mezclas bituminosas en caliente y/o en ligantes hidrocarbonados.

NOTA: La evaluación técnica de la idoneidad de empleo se materializa a través de un Documento de Idoneidad Técnica (DIT), un documento de carácter voluntario que contiene una apreciación técnica favorable de la idoneidad de empleo en obra civil de materiales, sistemas o procedimientos constructivos no tradicionales o innovadores, expedido por un organismo autorizado para ello. A los efectos de esta Orden Circular se considerarán como tales los organismos pertenecientes a la UEAtc (The European Union for Technical Approval in Construction), así como los pertenecientes a la EOTA (The European Organisation for Technical Assessment).

2.4.4.7 **Control de recepción**

Para el control de recepción se llevará a cabo la verificación documental de que los valores declarados en la información que acompaña al polvo de caucho cumplen las especificaciones establecidas en esta Orden Circular y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto.

El Director de la Obra, o el responsable de la recepción, podrá disponer en cualquier momento la realización de comprobaciones y ensayos sobre los materiales suministrados. En este caso, se seguirán los criterios que se indican a continuación.

De cada partida suministrada se tomará una muestra representativa de, al menos, dos kilogramos (2 kg). En suministros a granel la muestra se formará mediante tomas realizadas en distintas zonas de la cisterna y a diferentes profundidades, mientras que en suministros en sacas se seguirán los criterios descritos en UNE-CEN/TS 17188. Cuando la partida esté constituida por varias sacas, la muestra deberá constituirse con tomas realizadas en, al menos, dos (2) sacas.

Sobre esta muestra se realizarán los siguientes ensayos:

- Granulometría (UNE-EN 14243-2).
- Contenido de impurezas (UNE-EN 14243-2).
- Contenido de humedad (CEN/TS 16916).

2.4.4.8 **Criterios de aceptación o rechazo**

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la Obra o el responsable de la recepción, indicará las medidas a adoptar en el caso de que el producto suministrado no cumpla alguna de las especificaciones establecidas para él.

2.5 **MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE QUE INCORPORAN CAUCHO POR LAS VÍAS HÚMEDA, SECA Y SEMIHÚMEDA**

2.5.1 **Tipos de mezclas bituminosas**

Para estas Instrucciones, la incorporación del polvo de caucho por las siguientes vías y para los siguientes tipos de mezclas bituminosas:

Vía húmeda in situ:

- Incorporación del polvo de caucho al ligante y modificación de éste in situ
 - o Mezclas bituminosas modificadas de alta viscosidad con caucho para la capa de rodadura.

Vía semihúmeda

- Incorporación del polvo de caucho pretratado a la mezcla bituminosa
 - o Mezclas bituminosas modificadas de alta viscosidad con caucho para la capa de rodadura.
 - o Mezclas bituminosas mejoradas con caucho para las capas base e intermedias.

Vía seca:

Dada la dificultad para asegurar la correcta calidad de las mezclas con polvo de caucho convencional incorporado por vía seca, debido al control necesario de los tiempos de digestión de las partículas de caucho y las penalizaciones que dichos tiempos pueden suponer en el rendimiento de la planta de fabricación de mezclas y en las operaciones de extendido y compactación, así como en la calidad final de la mezcla, se descarta el empleo de esta tecnología para las presentes Instrucciones

2.5.2 Designación

Para identificar las mezclas que incorporan caucho se añadirá la letra C al tipo de mezcla.

Para estas Instrucciones las mezclas que se especifican son las SMA y AC.

La designación de las mezclas tipo hormigón bituminoso, y SMA, se hará de conformidad con lo indicado en el artículo 542 del PG-3, y en el 544 de la O.C. 3/2019 con los cambios que se indican a continuación.

Además de ello, para estas Instrucciones, se deberá indicar el tipo de mezcla bituminosa en función del porcentaje de polvo de caucho sobre ligante total

AC	C	Mejorada/modificada/alta viscosidad	D	Bin/base	Ligante	granulometría
SMA	C	Mejorada/modificada/alta viscosidad	D	Surf/bin	Ligante	

donde:

C indicación relativa a que la mezcla contiene caucho por vía seca o semihúmeda

NOTA: Una mezcla del tipo hormigón bituminoso con caucho por vía semihúmeda, de granulometría semidensa, con un contenido en polvo de caucho sobre el ligante total entre el 6% y el 12%, con un tamaño máximo de árido de 22 mm para capa intermedia y fabricada con un betún asfáltico de penetración 50/70 se designaría como:

ACC 22 mejorada bin 50/70 S

Una mezcla del tipo SMA con caucho por vía semihúmeda, con un porcentaje de polvo de caucho sobre el ligante superior al 15%, con un tamaño máximo de árido de 16 mm para capa intermedia y fabricada con un betún asfáltico de penetración 50/70 se designaría como:

SMAC alta viscosidad 16 bin 50/70

Una mezcla del tipo SMA con caucho por vía húmeda o semihúmeda, con un porcentaje de polvo de caucho sobre el ligante total superior al 15% con un tamaño máximo de árido de 11 mm para capa de rodadura y fabricada con un betún asfáltico de penetración 50/70 se designaría como:

SMAC alta viscosidad 11 surf 50/70

2.5.3 Tipo y composición de la mezcla

El polvo de caucho se considerará como parte de la granulometría del árido, como si se tratase de una fracción más. Debe tenerse en cuenta su densidad, empleando para ello los valores declarados por el suministrador, dado que es muy diferente a la de los áridos.

El polvo de caucho deberá cumplir las especificaciones contenidas en el apartado 2.4 de esta orden circular. Su contenido mínimo, referido al peso total de la mezcla, cumplirá los valores indicados en la Tabla 2.3 en función del tipo de mezcla.

TABLA 2.3 – CONTENIDO MÍNIMO DE CAUCHO EN MEZCLA

Tipo de mezcla	Contenido en peso sobre el total de la mezcla (%)	
	CAPAS BASE E INTERMEDIA	CAPA DE RODAURA
ACC	> 0.3	-
SMAC	> 0.3	> 1

En el caso de polvo de caucho pretratado, deberá tenerse en cuenta su contenido de ligante y de polvo mineral de aportación, en base a los valores declarados por el fabricante de este producto, para ajustar la dotación de ligante y la relación ponderal polvo mineral/ligante de la mezcla.

Nota. A continuación, se exponen ejemplos de relaciones ponderales de mezclas con NFVU pretratado, una mejorada y otra modificada de alta viscosidad.

Para estos ejemplos el NFVU pretratado presenta la siguiente composición:

- Contenido en polvo de NFVU: 60%
- Contenido en betún: 16%
- Filler calizo y aditivos: 24%

MEZCLA MEJORADA TIPO ACC BIN

COMPONENTES DEL LIGANTE		LIGANTE TOTAL (% S/M)	
PRODUCTO	(% S/M)	BETÚN	NFVU
BETÚN 50/70	4.3	4.3	-
CAUCHO PRETRATADO	0.6	0.096	0.36
RELACIONES PONDERALES		RESULTADO OBTENIDO	ESPECIFICACIÓN INSTRUCCIONES
(% S/M) LIGANTE TOTAL		4.76	> 4.0 (*)
(% S/M) NFVU		0.36	> 0.3 (**)
% NFVU/LIGANTE TOTAL		7.6	> 6 (**)

(*) Exigencia ARTÍCULO 542 PG-3 para las capas intermedias

(**) Exigencia de estas Instrucciones para mezclas mejoradas con caucho.

MEZCLA MODIFICADA CON ALTA VISCOSIDAD TIPO SMA 11 SURF

COMPONENTES DEL LIGANTE		LIGANTE TOTAL (% S/M)	
PRODUCTO	(% S/M)	BETÚN	NFVU
BETÚN 50/70	5.04	5.04	-
CAUCHO PRETRATADO	1.68	0.27	1.008
RELACIONES PONDERALES		RESULTADO OBTENIDO	ESPECIFICACIÓN INSTRUCCIONES
(S/M) LIGANTE TOTAL		6.32	> 5.8 (*)
(S/M) NFVU		1.01	> 1 (**)
% NFVU/LIGANTE TOTAL		16.0	> 15 (**)

(*) Exigencia ARTÍCULO 544 PG-3 para mezclas tipo SMA 11 rodadura

(**) Exigencia de estas Instrucciones para mezclas mejoradas con caucho.

2.5.4 Equipo necesario para la ejecución de las obras

2.5.4.1 Central de fabricación

La central de fabricación dispondrá de una tolva específica para la incorporación del polvo de caucho por vía seca, con sistema de dosificación ponderal con una precisión superior al tres por mil ($\pm 3\text{‰}$).

En centrales continuas debe evitarse que el polvo de caucho pueda quedar bajo la influencia de la llama directa en el secador, para prevenir el riesgo de que pueda quemarse. Por este motivo, se incorporará por las entradas previstas para los aditivos. En el caso de contar con un sistema dinámico de pesaje, su precisión no será inferior al uno por mil ($\pm 1\text{‰}$).

2.5.4.2 Elementos de transporte

A la vista de las condiciones climáticas que rodeen la puesta en obra, de los tiempos de digestión, transporte y espera, especialmente cuando sean superiores a una hora ($> 1\text{ h}$) el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de la Obra podrá exigir que las cajas de los camiones dispongan de aislamiento térmico y de puntos de control de la temperatura de la mezcla uniformemente repartidos en sus laterales, en un número total no inferior a cuatro ($\nless 4$).

2.5.5 Ejecución de las obras

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

La fórmula de trabajo señalará:

- Tipo de polvo de caucho empleado (normal, aditivado, pretratado) y dotación referida a:
 - o La masa de la mezcla total.

- o La masa total de ligante
- Densidad mínima para alcanzar.
- Las prescripciones necesarias sobre la forma de incorporación y tiempo de mezclado del polvo de caucho para asegurar su completa dispersión en la mezcla. En su caso, se indicará el tiempo de amasado en seco con los áridos antes de la incorporación del ligante.
- El tiempo estimado de amasada.
- El tiempo mínimo de digestión, en el caso que sea necesario.
- La temperatura mínima de la mezcla al iniciar y terminar la compactación.

La temperatura máxima a la salida del mezclador podrá aumentarse en una cantidad no superior a diez grados Celsius ($\neq 10^{\circ}\text{C}$) sobre la indicada en el artículo 542 del PG-3 y en la Orden Circular 3/2019.

El fabricante de la mezcla bituminosa con caucho deberá indicar la temperatura de referencia para la compactación de las probetas y para la fabricación, extendido y compactación de la mezcla, así como el tiempo necesario de digestión para alcanzar una adecuada interacción betún/caucho.

2.5.5.2 Tiempo de digestión

A falta de experiencias previas el tiempo de digestión se determinará mediante el ensayo de determinación de sensibilidad al agua realizado sobre probetas en las que se haya dejado transcurrir un determinado tiempo desde la fabricación de la mezcla con caucho, que se conservará en estufa a una temperatura diez grados Celsius (10°C) inferior a la de fabricación.

El tiempo de digestión será aquel que sea necesario para que se cumpla la especificación de resistencia conservada en el ensayo de tracción indirecta tras inmersión, realizado a quince grados Celsius (15°C) (método A de la norma UNE EN 12697-12), establecida en función del tipo de mezcla. Las probetas se compactarán según la norma UNE-EN 12697-30, aplicando cincuenta (50) golpes por cara, y desmoldadas en un plazo no inferior a cuatro horas ($\leq 4\text{ h}$) para evitar su descompactación.

Los resultados de laboratorio deberán contrastarse con mezcla fabricada en central.

NOTA: La utilización de aditivos activantes de la adhesividad puede conducir a errores en la determinación del tiempo de digestión del caucho, por lo que se recomienda tenerlo en cuenta a la hora de efectuar el ensayo. Una forma, por ejemplo, sería tomar como valor de resistencia conservada de referencia la máxima que es posible alcanzar sin el empleo de aditivos. Una vez determinado el tiempo de digestión se ajusta la cantidad de aditivo necesaria para mejorar la adhesividad y se repite la determinación del tiempo de digestión en estas nuevas condiciones. El tiempo de digestión final a adoptar será el que haya resultado mayor.

2.5.5.3 Fabricación de la mezcla

El fabricante de las mezclas bituminosas con caucho es responsable de que éstas se elaboren en las condiciones de homogeneidad y temperatura definidas por el fabricante del NFVU pretratado. Para ello, las centrales de fabricación deben dotarse de la instrumentación necesaria que garantice, según los procedimientos internos de cada

instalación, que cada amasada sea uniforme y mantenga las óptimas condiciones durante el transporte hasta su puesta en obra.

2.5.5.4 Extensión

No podrá procederse a la descarga y extensión de ninguna mezcla con caucho sin que haya transcurrido el tiempo de digestión especificado para la misma en la fórmula de trabajo.

No se admitirá la descarga ni la extensión de mezclas con caucho que lleguen con una temperatura inferior a la indicada en la fórmula de trabajo, ya que el rápido enfriamiento de estas mezclas y su rápida ganancia de viscosidad impedirá su correcta compactación.

2.5.5.5 Compactación

Se emplearán líquidos antiadherentes o soluciones jabonosas para evitar la adherencia de las mezclas con caucho a los compactadores. Estos productos deberán haber sido previamente aprobados por el Director de la Obra, a la vista de los resultados obtenidos en el tramo de prueba, y no deberán influir negativamente en las características y comportamiento de la capa.

En mezclas con elevado contenido de caucho deberá comprobarse que los compactadores de neumáticos no producen su levantamiento. En dicho caso, se sustituirán por otros dispositivos de compactación que no produzcan este fenómeno.

NOTA: Se recuerda que está terminantemente prohibido el uso de gasoil para la limpieza de herramientas, equipos de transporte o equipos de puesta en obra, por el riesgo que conlleva sobre la calidad de las mezclas bituminosas de todo tipo. Esta misma prohibición es extensible a su uso para evitar la adherencia de mezclas y ligantes a compactadores y ruedas de equipos de obra. El Director de la obra habilitará los sistemas de control necesarios para evitar esta práctica, y adoptará las medidas pertinentes para que no se vuelva a producir, en su caso.

Es recomendable no utilizar agua para lastrar los compactadores de neumáticos, pues aumentan las deformaciones en la superficie de la mezcla. En su lugar pueden emplearse arena o granalla metálica

2.5.6 Control de ejecución

2.5.6.1 Fabricación

Se realizará un registro de los contenidos de polvo de caucho incorporados a la mezcla. Dichos registros deberán proceder de los sistemas implantados en la central de fabricación y se entregarán, firmados por persona física con responsabilidad, a la Dirección de la Obra como parte del control de calidad.

En centrales de mezcla continua se calibrará diariamente el flujo de la cinta suministradora de polvo de caucho, deteniéndola cargada y recogiendo y pesando el material existente en una longitud elegida.

2.5.6.2 Limitaciones de la ejecución

Dada la imposibilidad de una adecuada compactación de las mezclas bituminosas con caucho a temperaturas inferiores a ciento veinte grados Celsius ($< 120\text{ }^{\circ}\text{C}$), su ejecución se realizará siempre bajo condiciones climáticas favorables, debiéndose esperar hasta que la superficie de la capa sobre la que se va a ejecutar haya alcanzado una temperatura superior a diez grados Celsius ($> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$).

NOTA: Se considera que unas condiciones climáticas favorables son aquellas en las que el riesgo de que se produzcan precipitaciones, heladas o situaciones de temperaturas inferiores a diez grados Celsius ($< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) es muy reducido, y por tanto su afección al extendido y compactación de mezclas bituminosas calientes o semicalientes es también reducida, y permite disponer del tiempo suficiente para poder ejecutar la unidad de obra dentro del intervalo de temperaturas indicado en la fórmula de trabajo. Herramientas como MultiCool, permiten la estimación del tiempo disponible en función de la temperatura inicial de la mezcla bituminosa, el espesor de extendido y determinados parámetros climáticos y geográficos.

2.5.6.3 Medición y abono

El polvo de caucho se abonará por toneladas (t), obtenidas multiplicando la medición correspondiente de mezclas bituminosas con caucho puesta en obra por la dosificación media deducida del control de dosificación de cada lote.

3 INCORPORACIÓN DE MATERIAL FRESADO Y PREPARADO DE MEZCLAS BITUMINOSAS (RA)

Este apartado se ha fundamentado, en lo indicado en:

- **UNE-EN 13108-8.** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 8: Asfalto recuperado.
- En el artículo 22 del PG-4.

Así como en la experiencia de obras ejecutadas por el Consell de Mallorca.

3.1 DEFINICIÓN DE RA

Se define como material bituminoso a reciclar (RA), el procedente de la disgregación de capas de mezclas bituminosas (rodadura, intermedia o base), obtenido mediante fresado o demolición, eventual trituración y posterior tratamiento y clasificación. Este material debe estar compuesto por áridos de buena calidad y granulometría continua, cubiertos por betún asfáltico envejecido.

La fabricación de una mezcla bituminosa, incorporando RA en central, incluye las siguientes operaciones:

- Acopio del RA procedente de firmes o pavimentos bituminosos envejecidos.
- Tratamiento del RA (eventual trituración, eliminación de elementos metálicos contaminantes y clasificación por capas, tamaño, aplicación, etc.).
- Caracterización y acopio del RA tratado.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo, con la adaptación de todos los materiales de aportación (áridos, ligante, etc.) a las características del árido y ligante procedente del RA.

3.2 TIPOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS CON LA INCORPORACIÓN DE RA

En apartados anteriores de estas Instrucciones se ha indicado:

- Los tipos de mezclas que usarán RA,
- La proporción máxima de RA según la capa de la carretera (base, intermedia o rodadura) en la que va a estar colocada la mezcla bituminosa.

Para estas Instrucciones se definen dos tipos de mezclas bituminosas en función del RA que incorpora:

- Tipo 1 o baja tasa de incorporación de RA:
 - o $\leq 10\%$ para las mezclas de rodadura
 - o $\leq 20\%$ para las mezclas para capas base e intermedia.
- Tipo 2 o alta tasa de incorporación de RA
 - o $> 20\%$ y $\leq 60\%$ para mezclas bituminosas para capas base e intermedia.

3.3 UTILIZACIÓN DEL RA

Todos los materiales recuperados de mezclas bituminosas podrán ser susceptibles de ser reciclados, incluidos los excedentes de fabricación de cualquier tipo de mezcla bituminosa que, sin presentar problemas de calidad en cuanto a sus componentes y envuelta, no hayan sido colocados en obra (material sobrante, rechazado en la extensión por baja temperatura, etc.), con las excepciones que se indican a continuación.

No podrán ser reciclados con las técnicas especificadas en este artículo aquellos materiales que procedan de pavimentos con deformaciones plásticas, o que contengan o se encuentren contaminados por sustancias potencialmente peligrosas. Tampoco lo podrán ser aquellos materiales bituminosos que presenten en su composición sustancias procedentes de la destilación de productos carbonosos, asbesto-amianto, ni ningún otro que este clasificado como peligroso, o que no cumpla la legislación ambiental y de seguridad y salud vigente.

3.4 CARACTERÍSTICAS DEL RA Y SU TRATAMIENTO

A la central de fabricación podrán llegar materiales bituminosos procedentes de firmes y pavimentos de distintas características, los cuales se acopiarán para su eventual tratamiento y posterior utilización. En todo caso, el RA acopiado no contendrá más de un veinte por ciento (20 %) de mezclas bituminosas distintas de las contempladas en el artículo 542 del PG-3. Cuando contenga una proporción superior al veinte por ciento (>20%) de microaglomerados en frío, mezclas bituminosas drenantes y discontinuas, deberá acopiarse de forma independiente y ser objeto de un estudio diferenciado de su aprovechamiento.

En principio, todos los materiales procedentes de mezclas bituminosas en caliente pueden ser susceptibles de ser reciclados. Sobre los que contengan en su composición original adiciones modificadoras de la reología del ligante bituminoso o del comportamiento resistente de la mezcla bituminosa (fibras, productos elastómeros, etc.), se hará un estudio especial ante una eventual emisión de contaminantes a la atmosfera durante el proceso de fabricación de la nueva mezcla.

El RA que se incorpore al proceso de producción será homogéneo, no contendrá partículas de tamaño superior a veintidós milímetros (22 mm) ni ningún tipo de elemento contaminante potencialmente peligroso, y estará totalmente caracterizado y referenciado. Si fuera necesario se someterá en la central a un tratamiento previo de trituración, eliminación de elementos metálicos contaminantes y homogeneización mediante clasificación, para convertirlo en material apto para su uso en una mezcla bituminosa reciclada. Estos procesos convertirán el producto original acopiado en un RA tratado.

3.4.1 Homogeneidad

Para la utilización de cualquier acopio de RA tratado, la granulometría de los áridos tras la extracción del ligante, el contenido de este y su penetración, deberán cumplir las tolerancias indicadas en la tabla 3.1, respecto a los valores especificados en la fórmula de trabajo.

TABLA 3.1 TOLERANCIAS ADMISIBLES RESPECTO DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

CARACTERÍSTICAS		NORMA	UNIDAD	TOLERANCIA
GRANULOMETRÍA CERNIDO DE TAMICES	> 2	UNE-EN 933-2	% SOBRE MASA TOTAL MATERIAL EN SECO	± 4
	> 0.063 Y ≤ 2			± 2
	0.063			± 1
CONTENIDO DE LIGANTE		UNE-EN 12697-1		± 0.3
PENETRACIÓN DEL LIGANTE RECUPERADO		UNE-EN 1426	(1/10) mm	± 4

3.4.2 Sustancias sólidas contaminantes

El contenido en materias sólidas contaminantes se determinará de acuerdo con lo indicado en:

- **UNE-EN 12697-42.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 42: Cantidad de materia extraña en asfalto reciclado.

Las materias extrañas incluyen materiales distintos a los áridos naturales, que no proceden del asfalto y se dividen en dos grupos:

- **Grupo 1**, formado por materiales tales como:
 - o Hormigón, incluidos los productos de hormigón.
 - o Ladrillos.
 - o Materiales de la subbase (excluidos los áridos naturales).
 - o Morteros de cemento.
 - o Metales
- **Grupo 2**, formado por materiales tales como:
 - o Materiales sintéticos.
 - o Maderas.
 - o Plásticos.

Para estas Instrucciones Generales los contenidos máximos permitidos serán los de la denominada categoría F1 de la norma UNE EN 13108-8:

- Contenido de materiales del grupo 1 ≤ 1%
- Contenido de materiales del grupo 2 ≤ 0.1%

3.4.3 Ligante hidrocarbonado

El ligante hidrocarbonado procedente del RA tratado deberá ser susceptible de mezclarse homogéneamente con el de aportación y dar lugar a un producto de características similares a los betunes especificados en el artículo 542 del PG-3.

3.4.4 Áridos

Los áridos procedentes del RA tratado no presentarán signos de meteorización y tendrán las propiedades de dureza y calidad semejantes a las exigidas a los áridos de aportación. Cumplirán las especificaciones de estas Instrucciones Generales y sus propiedades se evaluarán directamente con los ensayos establecidos en el mismo.

3.5 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

La designación y características de la mezcla bituminosa reciclada en central serán las fijadas en estas Instrucciones, con las complementarias indicadas a continuación en este apartado.

La denominación del tipo de mezcla bituminosa reciclada en central se compondrá añadiendo a la denominación del tipo de mezcla correspondiente la letra “R” y dos dígitos que indiquen la proporción de RA empleado en la mezcla (por ejemplo: AC 22 base 50/70 G R30). Cuando la mezcla bituminosa reciclada sea semicaliente, se añadirá esta palabra al final de la designación de la mezcla.

La dotación total de ligante hidrocarbonado (el de aportación más el procedente del RA), expresada en proporción en masa sobre el total de la mezcla, no será inferior en ningún caso al cuatro por ciento (4 %) en capas intermedias y de base, y al cinco por ciento (5 %) en capas de rodadura.

La dotación de ligante de aportación será como mínimo del cincuenta por ciento (50 %) de la del ligante hidrocarbonado de la mezcla reciclada, incluyendo en la misma la correspondiente al eventual empleo de aditivos o ligantes rejuvenecedores.

3.6 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

El equipo necesario para la ejecución de las obras cumplirá con las especificaciones establecidas en estas Instrucciones Generales, teniendo en cuenta además las prescripciones adicionales indicadas en este apartado.

3.6.1 Instalaciones de tratamiento del RA original

Previamente a su acopio en la central de fabricación se procederá al tratamiento del RA original, realizándose las operaciones que sean necesarias para su homogeneización y adecuada clasificación.

Si el RA original contiene partículas de tamaño superior a veintidós milímetros (> 22 mm) se someterá en la central a un tratamiento previo de trituración y mezclado, para lo que se usaran instalaciones de machaqueo que proporcionen un producto granular uniforme con la menor cantidad posible de elementos finos, entendiendo como tales a aquellos de tamaño inferior a dos milímetros (< 2 mm).

En el caso de que haya elementos contaminantes de tipo metálico se dotará a la instalación de un dispositivo específico para su detección y eliminación.

Los sistemas de clasificación empleados deberán permitir separar el producto resultante de las operaciones anteriores en al menos dos (2) fracciones, siendo la más fina de tamaño máximo nominal inferior a ocho milímetros ($< 8 \text{ mm}$).

3.6.2 Central de fabricación

La central de fabricación (de funcionamiento continuo o discontinuo) dispondrá de, al menos, dos (2) tolvas adicionales para el RA tratado, y será capaz de incorporarlo durante el proceso de mezcla sin afección negativa a los materiales constituyentes, en especial, al ligante de aportación.

En ningún caso se calentará el RA a una temperatura superior a la del nuevo ligante incorporado, ni los áridos de aportación a más de doscientos veinte grados Celsius (220°C).

Los gases producidos en el calentamiento de la mezcla deberán ser recogidos durante el proceso de fabricación, evitando en todo momento su emisión directa a la atmosfera sin un tratamiento previo. Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental y de seguridad y salud.

3.6.2.1 Funcionamiento continuo

En centrales de fabricación continua con tambor secador-mezclador, el sistema de dosificación del RA tratado será ponderal y deberá poder tener en cuenta su humedad, para ajustar la dosificación en función de ella. La central dispondrá de un sistema que permita la incorporación del RA por detrás del quemador, en un anillo intermedio al tambor, de forma que no exista riesgo de contacto con la llama.

Cuando la mezcla bituminosa reciclada sea de tasa baja ($\leq 20\%$), el flujo de áridos en el secador-mezclador no coincidirá con el de circulación de los gases (flujo en contracorriente), de manera que se evite la exposición directa a la llama de dichos materiales.

Cuando la mezcla bituminosa reciclada sea de tasa alta ($> 20\%$ y $\leq 60\%$), el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares especificará sus características, y las de la central de fabricación y sus instalaciones específicas adicionales.

3.6.2.2 Funcionamiento discontinuo

Para las mezclas bituminosas recicladas de tasa baja ($\leq 20\%$), se admitirá la incorporación en frío del RA en el mezclador siempre que tenga una dosificación ponderal específica e independiente.

Para la fabricación de mezclas bituminosas recicladas de tasa alta ($> 20\%$ y $\leq 60\%$), las centrales tendrán un tambor secador independiente para el RA. Además, deberán estar provistas de silos para almacenar en caliente el RA y de un sistema de dosificación ponderal específico e independiente del mismo.

3.7 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Se cumplirán las prescripciones establecidas en estas Instrucciones teniendo en cuenta, además, las prescripciones complementarias indicadas a continuación.

3.7.1 Fabricación de la mezcla reciclada

3.7.1.1 Acopio y tratamiento del RA original

3.7.1.1.1 Consideraciones generales

El RA podrá emplearse en la misma obra de la que procede o acopiarse para su posterior utilización en otro lugar. Deberá llevarse un registro de la procedencia del RA, identificando y acopiando por separado los materiales procedentes de mezclas bituminosas distintas de las definidas en el artículo 542 del PG-3.

Se examinará la descarga al acopio desechando los materiales que a simple vista presenten elementos contaminantes.

También se acopiarán de forma independiente los materiales para los que sea necesario realizar un estudio diferenciado de su aprovechamiento, según el epígrafe 3.4, hasta su aceptación o rechazo.

El RA original se tratará y mezclará para su homogeneización y eventual descontaminación, según lo indicado el epígrafe 3.5.1.

3.7.1.1.2 Caracterización de los acopios del RA tratado

Una vez tratado, el RA se dispondrá en acopios homogéneos. Para que un acopio se considere homogéneo deberá quedar identificado y caracterizado por los ensayos del epígrafe 3.7.1, con las tolerancias establecidas en la tabla 3.1. Los materiales que cumplan los criterios de homogeneidad se podrán acopiar juntos y podrán emplearse en la fabricación de mezcla bituminosa reciclada en central con una misma fórmula de trabajo.

Los acopios homogéneos de RA serán considerados como lotes aislados, evitando que se mezclen y contaminen entre ellos. El volumen de cada uno de estos acopios será el suficiente para garantizar, al menos, el trabajo de un día o la producción requerida si esta es menor, con objeto de no cambiar la fórmula de trabajo y poder controlar e identificar adecuadamente la mezcla fabricada.

Los acopios deberán estar formados por tongadas horizontales de espesor no superior a un metro y medio (1,5 m), en una zona bien drenada y, preferiblemente, pavimentada. Si se dispusieran sobre el terreno natural no se utilizarán sus quince centímetros (15 cm) inferiores. Deberá vigilarse su altura para evitar que el RA se aglomere, especialmente con temperaturas elevadas, limitándose a tres metros (3 m) cuando se prevean temperaturas superiores a los treinta grados Celsius (> 30 °C).

Los acopios deberán estar cubiertos si las condiciones meteorológicas son desfavorables y el tiempo de almacenamiento se reducirá al mínimo posible para evitar que el contenido de humedad aumente en exceso.

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

La fabricación y puesta en obra de la mezcla bituminosa reciclada no se iniciará hasta que se haya aprobado por el Director de las Obras la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en laboratorio y verificada en la central de fabricación, de acuerdo con lo indicado estas Instrucciones Generales.

La fórmula de trabajo fijará, además de las características establecidas en el mencionado artículo, las siguientes especificaciones:

- Proporción en masa de las fracciones del RA tratado, referido a la masa total de mezcla bituminosa fabricada.
- Granulometría del árido contenido en las fracciones del RA tratado (norma UNE-EN 933-2, serie R 20 de la norma UNE 7050-2), y contenido de ligante hidrocarbonado del RA, referido a la masa total del mismo.
- La identificación y proporción de cada fracción del árido de aportación (incluido el polvo mineral de aportación) en la alimentación y, en su caso, después de su clasificación en caliente, referidas a la masa total.
- Granulometría de los áridos de la mezcla bituminosa fabricada (norma UNE-EN 933-2, serie R 20 de la norma UNE 7050-2).
- Tipo, características y dosificación del ligante hidrocarbonado de aportación, referido a la masa total de la mezcla bituminosa fabricada.
- Tipo y dotación de aditivos, referida a la masa total del ligante y, en su caso, el tipo y la dotación de las adiciones, referida a la masa total del árido combinado.
- Densidad mínima a alcanzar.

Además, se indicarán:

- Los tiempos a exigir para la mezcla del RA y los áridos de aportación, y del conjunto con el ligante de aportación.
- La temperatura máxima y mínima y la humedad máxima del RA en la tolva y en la báscula de dosificación a la entrada del mezclador.
- La temperatura máxima de calentamiento del árido de aportación.
- En el caso de que se empleen aditivos o adiciones, se indicaran las prescripciones sobre su incorporación.

Los tiempos de mezclado del RA con los áridos y el ligante de aportación (y el eventual producto rejuvenecedor), vendrán determinados por la homogeneidad de la mezcla, la total desaparición de los nódulos del RA y la integración de todos los ligantes presentes. El tiempo total de permanencia de la mezcla bituminosa reciclada en el mezclador será aquel que garantice un amasado uniforme homogéneo y eficaz (reblandecimiento del ligante envejecido), y deberá ser aprobado por el Director de las Obras.

3.7.1.3 Fabricación de la mezcla

En todos los casos, los dosificadores de áridos en frío y del RA se regularán de forma que se obtenga la granulometría de la fórmula de trabajo. Su caudal se ajustará a la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador de áridos y del calentador o de la tolva de regulación del RA.

3.7.1.3.1 Central con secador-mezclador continuo

La central tendrá un secador que funcionará en contracorriente y un tambor mezclador independiente con incorporación del RA tratado fuera de la zona de altas temperaturas y de la corriente de gases calientes. La proporción máxima de material reciclado vendrá determinada por la limitación del calentamiento de los áridos de aportación a una temperatura inferior a doscientos veinte grados Celsius (< 220 °C).

La temperatura de calentamiento de los áridos de aportación se determinará según la fórmula:

$$T = \frac{T_f - R \cdot T_{RAP}}{1 - R} + [H_{RAP} \cdot (637 - T_{RAP}) \cdot 4R \cdot (1 - R)]$$

Siendo:

- T: Temperatura de calentamiento de los áridos de aportación (°C).
Tf: Temperatura final de la mezcla reciclada (°C).
TRA: Temperatura del RA (°C).
R: Porcentaje de RA (en tanto por uno).
HRA: Humedad del RA (en tanto por uno).

Cuando la mezcla bituminosa reciclada sea de tasa alta > 20% y < 60%), el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares especificará las características de la central de fabricación y del material reciclado resultante.

3.7.1.3.2 Central con mezclador discontinuo

En las mezclas bituminosas recicladas de tasa baja ($\leq 20\%$), cuando el RA tratado se incorpore al mezclador a temperatura ambiente, podrán existir dos configuraciones posibles de las instalaciones:

- El RA proveniente de una tolva de pesaje independiente se llevará a otra de regulación en caliente situada junto a las de los áridos de aportación, y desde esta, a través del circuito convencional de pesada, se incorporará al mezclador. La capacidad del sistema de extracción de vapor deberá ser superior al de una central convencional.
- Se podrá mantener el circuito convencional de áridos de aportación hasta el mezclador, y el RA se incorporará directamente al mismo, proveniente de una tolva específica conectada a un sistema de pesaje continuo y con un sistema de cinta o elevador de cangilones.

Para posibilitar la transferencia de calor de los áridos de aportación al RA y que se produzca el reblandecimiento del ligante presente en el mismo, se deberá garantizar que se produce una envuelta en seco (amasada en blanco) suficiente en el mezclador, previa a la inyección del ligante de aportación. Dicho tiempo de mezclado en seco deberá ser aprobado por el Director de las obras.

El tiempo del ciclo de la mezcla (incluido el realizado en seco), será el necesario para eliminar la humedad del RA, obtener una distribución homogénea del mismo con los áridos de aportación, y garantizar la integración conjunta de todos los materiales y ligantes incorporados, así como la completa desaparición de los nódulos del RA. El tiempo de ciclo de la mezcla, que deberá ser sensiblemente superior al necesario para fabricar una mezcla bituminosa convencional sin material reciclado, será aprobado por el Director de las Obras.

Para las mezclas bituminosas recicladas de tasa alta ($> 20\%$ y $\leq 60\%$), la central de fabricación deberá estar provista de un segundo tambor secador, cuya misión será la de calentar el RA a una temperatura superior a la de ambiente, pero limitada a ciento cuarenta grados Celsius (40°C) para evitar un mayor envejecimiento del betún contenido en el material.

3.8 CONTROL DE CALIDAD

Se cumplirán las prescripciones establecidas en estas Instrucciones Generales, teniendo en cuenta además las prescripciones complementarias siguientes.

3.8.1 Control de procedencia del RA

Además de su caracterización en la carretera de la que provenga, el RA tratado deberá serlo también en los acopios, especialmente cuando proceda de distintos orígenes, para lo que se tomarán muestras con objeto de analizar su homogeneidad y poder caracterizar dichos acopios. Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se separará por fracciones el RA tratado para poder garantizar la homogeneidad de la granulometría y del contenido de ligante. Dicha separación se realizará en al menos dos (2) fracciones, siendo la más fina con tamaño máximo nominal inferior a ocho milímetros (8 mm).
- Si a lo largo de la obra la composición o propiedades del RA tratado o el contenido de ligante varían, dicho material se dispondrá en acopios separados, correctamente identificados y con la trazabilidad que permita identificar su procedencia.

Para ello, por cada mil toneladas (1000 t) de acopio de RA tratado, si se va a emplear en la fabricación de la mezcla una proporción de RA de tasa baja ($\leq 20\%$), o por cada quinientas toneladas (500 t) de acopio, si se va a emplear una proporción superior ($> 20\%$ y $\leq 60\%$) se tomarán cinco (5) muestras, y de cada una de ellas se determinará:

- Granulometría del material disgregado (norma UNE-EN 933-1).
- Contenido de ligante soluble (norma UNE-EN 12697-1).
- Granulometría de los áridos recuperados (norma UNE-EN 12697-2).

Además, en dos (2) de dichas muestras se determinará también:

- Coeficiente de Los Ángeles del árido recuperado (norma UNE-EN 1097-2).
- Densidad y absorción de agua del árido grueso y fino recuperados (norma UNE-EN 1097-6).
- Coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso para capas de rodadura (norma UNE-EN 1097-8).
- Penetración con aguja del ligante recuperado (norma UNE-EN 1426).
- Punto de reblandecimiento, método anillo y bola, del ligante recuperado (norma UNE-EN 1427).
- Índice de penetración del ligante recuperado (Anexo A de las normas UNE-EN 12591 UNE-EN 13924-1).
- Punto de fragilidad Fraas (norma UNE-EN 12593).
- Cohesión (fuerza-ductilidad, normas UNE-EN 13589 y UNE-EN 13703), en el supuesto de que el RA tuviera ligante modificado.

Adicionalmente, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrán establecer la necesidad de realizar otro tipo de ensayos, como son la determinación de la viscosidad dinámica usando un viscosímetro de rotación de aguja (norma UNE-EN 13302) y la determinación del módulo complejo de corte y del ángulo de fase mediante reómetro de corte dinámico (norma UNE-EN 14770).

3.8.2 Control de calidad de los acopios de RA

Se examinará cada acopio homogéneo de RA desechando los que no cumplan con los límites de tolerancias de granulometría y de contenido de ligante establecidos en la tabla 3.1, y se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores, así como el de los accesos.

Sobre cada acopio que se utilice se realizarán los siguientes ensayos:

Al menos una (1) vez al día:

- Contenido de humedad del acopio (norma UNE-EN ISO 17892-1).
- Contenido de ligante soluble (norma UNE-EN 12697-1).
- Granulometría de los áridos recuperados (norma UNE-EN 12697-2).

Al menos una (1) vez al mes, o cuando se cambie de procedencia:

- Penetración con aguja del ligante recuperado (norma UNE-EN 1426).
- Punto de reblandecimiento, método anillo y bola, del ligante recuperado (norma UNE-EN 1427).
- Índice de penetración del ligante recuperado (Anexo A de las normas UNE-EN 12591 UNE-EN 13924-1).

Adicionalmente, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrán especificar alguna de las características complementarias, como son el punto de fragilidad Fraas (norma UNE-EN 12593), la cohesión (fuerza-ductilidad, normas UNE-EN 13589 y UNE-EN 13703), la viscosidad dinámica usando un viscosímetro de rotación de aguja (norma UNE-EN 13302), y el módulo complejo de corte y el ángulo de fase mediante reómetro de corte dinámico (norma UNE-EN 14770).

3.8.3 Control de fabricación

En centrales continuas, antes de comenzar la fabricación, se determinará el tiempo de mezclado realizando amasadas con la dosificación prevista de RA y áridos de aportación, sin adición de ligantes ni polvo mineral, y a la temperatura prescrita, estableciendo así el tiempo necesario de amasado para que el RA eleve su temperatura y se homogenice con la mezcla reciclada.

En centrales discontinuas, antes de comenzar la fabricación en régimen normal de producción, se tomaran muestras del RA a la entrada del proceso y tras su calentamiento a la temperatura prescrita, se llevaran a cabo los ensayos de determinación del contenido de ligante soluble (norma UNE-EN 12697-1) y de las características del ligante recuperado (norma UNE-EN 12697-3), determinando la penetración (norma UNE-EN 1426) y el punto de reblandecimiento (norma UNE-EN 1427).

3.9 MEDICIÓN Y ABONO

La fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas recicladas en central se abonará por toneladas (t), según su tipo de baja o alta tasa), obtenidas multiplicando las dimensiones señaladas para cada capa en los Planos del Proyecto por los espesores y densidades medios deducidos de los ensayos de control de cada lote. En dicho abono se considerará incluido el de los áridos (incluso los procedentes del RA tratado) y el del polvo mineral. No serán de abono los sobreanchos laterales, ni los aumentos de espesor por corrección de mermas en capas subyacentes.

El polvo mineral de aportación y las eventuales adiciones a la mezcla bituminosa, solo se abonarán aparte si así lo previera explícitamente el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y el Cuadro de Precios del Proyecto, y su medición estuviera prevista en el Presupuesto del Proyecto. Su abono se hará por toneladas (t), obtenidas multiplicando la medición correspondiente de mezclas bituminosas puesta en obra por su dotación media en las mismas.

Dentro de cada tipo de mezcla bituminosa reciclada en central, el precio se indicara por porcentaje de RA utilizado, agrupándose por intervalos no inferiores al cinco por ciento (≤ 5 %).

El ligante de aportación, con la inclusión del eventual producto rejuvenecedor, medido por toneladas (t) se abonará aparte. No será objeto de abono el ligante del RA.

El proyecto incluirá, además de los áridos, un precio auxiliar del RA que tenga en cuenta las operaciones de tratamiento, clasificación, acopio e incorporación a la central de fabricación.

4 PROCEDIMIENTOS PARA REBAJAR LAS TEMPERATURAS DE TRABAJO DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

4.1.1 Sostenibilidad

Rebajar la temperatura de fabricación y puesta en obra de las mezclas bituminosas es uno de los objetivos que se solicitan para que las mezclas bituminosas puedan ser consideradas como sostenibles.

Muchas son las ventajas que se consiguen al bajar la temperatura de trabajo de las mezclas bituminosas:

- Se rebaja el consumo de combustible necesario para la fabricación de las mezclas bituminosas.
- Se reduce la emisión de gases efectos invernaderos.
- Se mejora la seguridad y salud tanto del personal que trabaja las mezclas como, en el caso de la pavimentación de las calles, de las personas que vivan en las proximidades de los trabajos, tanto por la rebaja de humos y olores como las del riesgo por quemaduras.

Además de todo ello técnicamente al rebajar las temperaturas de la mezcla bituminosa se reduce el envejecimiento del betún.

4.1.2 Tipos de mezclas bituminosas en función de las temperaturas de trabajo

Las mezclas bituminosas se pueden clasificar, en función de las temperaturas de fabricación, en los siguientes tipos:

- Mezclas frías, son las fabricadas a menos de 50 °C.
- Mezclas templadas, son las fabricadas entre 50 y 100 °C.
- Mezclas semicalientes, son las fabricadas entre 100 y 150 °C
- Mezclas calientes, son las fabricadas a más de 150 °C.

4.2 SISTEMAS PARA REBAJAR LAS TEMPERATURAS DE TRABAJO DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS

Existen diversas técnicas para conseguir la reducción de la temperatura de fabricación y puesta en obra de las mezclas bituminosas, para estas Instrucciones Generales los métodos preferentes, en base a la experiencia, son:

- Espumación del betún.
- Utilización de betunes aditivados.

- Incorporación de productos especiales en la fase de fabricación de la mezcla.

5 TIPOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS SOSTENIBLES

Para estas Instrucciones Generales son mezclas bituminosas sostenibles:

- Las que incorporan en su fabricación:
 - o NFVU
 - o RA
- Las semicalientes

De todas las posibles mezclas bituminosas que cumplen estos criterios, se han elegido para estas Instrucciones Generales las indicadas en los siguientes apartados.

5.1 MEZCLAS BITUMINOSAS PARA CAPAS DE RODADURA

Para capas de rodadura las mezclas bituminosas serán tipo SMA modificadas con alta viscosidad en caucho, que además podrán incorporar RA y fabricarse como semicalientes.

Las especificaciones de las mezclas SMA serán las definidas en el artículo 544 del PG-3 (Orden circular OC 3/2019) además de las indicadas en estas Instrucciones.

Nota. La elección de las mezclas SMA en capas de rodadura se debe a la experiencia existente.

Las mezclas SMA:

- *En la actualidad son las que presentan una mayor durabilidad. En la monografía 7 de ASEFMA se cita que la durabilidad de las SMA es de 20 años frente a los 14 años de las AC y los 10 años de las BBTM y PA.*
- *Están especialmente indicadas para soportar tráfico pesado.*
- *Son las que mejor soportan esfuerzos tangenciales.*

5.2 MEZCLAS BITUMINOSAS PARA CAPAS INTERMEDIA Y BASE

Para capas intermedias y base se podrá optar por mezclas bituminosas tipos AC y SMA que deberán, por lo menos cumplir con alguna de las tres condiciones siguientes:

- Estar fabricadas con un contenido en RA del 20%.
- Ser modificadas con alta viscosidad o al menos mejoradas con caucho.
- Estar fabricadas como semicalientes (40°C inferior a las convencionales).

Las especificaciones de las mezclas SMA serán las definidas en el artículo 544 del PG-3 (Orden circular OC 3/2019) y las de las AC en el artículo 542 del PG-3 (ORDEN FOM/2523/2014) además de las indicadas en estas Instrucciones

Nota. Aunque también para las capas base e intermedia la mejor opción sería las mezclas tipo SMA, el mayor coste de este tipo de mezclas y al estar en capas no expuestas directamente a las acciones del agua, radiación solar, cambios de temperatura etc., permiten optar por mezclas de menor coste como son las AC.

5.3 MEZCLAS BITUMINOSAS QUE INCORPORAN POLVO DE CAUCHO (NFVU)

- Capas de rodadura
 - o La mezcla de rodadura será una SMA de alta viscosidad en caucho. Los contenidos en NFVU serán:
 - El contenido de NFVU sobre ligante será > 15%
 - El contenido de NFVU sobre mezcla será > 1%
- Capas base e intermedia
 - o La mezcla para capas base e intermedia con NFVU será como mínimo la mejorada con caucho.

Los contenidos en NFVU serán:

- El contenido de NFVU sobre ligante será > 6 %
- El contenido de NFVU sobre mezcla será > 0.3%

5.4 MEZCLAS BITUMINOSAS QUE INCORPORAN ASFALTO RECUPERADO (RA)

El Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (en adelante PG-3), fija los siguientes condicionantes para la incorporación de RA a las mezclas bituminosas tipo AC:

- Solo se podrá incorporar RA a las mezclas bituminosas para capas base e intermedia.
- Hasta el 15% será de aplicación el artículo 542 del PG-3.
- Para dotaciones de RA superiores 15% será de aplicación el artículo 22 del PG-4.

La norma europea UNE EN 13108-1 permite:

- Para capas de rodadura hasta un 10% de RA
- Para capas base e intermedia hasta un 20% de RA.

Para estas Instrucciones:

- Para capas base e intermedia:
 - o Se permite hasta un 20% de RA.
- Para capas de rodadura:
 - o Se permite hasta un 10% de RA

Las plantas asfálticas, para poder incorporar RA en las mezclas, han de cumplir alguna de las dos siguientes condiciones:

- Que disponga de experiencia en la ejecución de obras de categoría similar con mezclas de rodadura con RA.
- Que haya ejecutado satisfactoriamente tramos experimentales con mezclas bituminosas con RA

5.5 MEZCLAS BITUMINOSAS A BAJAS TEMPERATURAS (SEMICALIENTES)

En estas Instrucciones las mezclas bituminosas que se fabriquen a menor temperatura serán del tipo “semicalientes”

Hay diferentes procedimientos para rebajar la temperatura de fabricación y con ello las de extendido y compactación de las mezclas bituminosas.

En estas Instrucciones se indican las decididas por el equipo de trabajo que consisten en:

- La espumación del betún.
- El empleo de betunes y aditivos especiales para las mezclas semicalientes.

5.6 MARCADO CE

Solo podrán emplearse mezclas bituminosas que dispongan del obligatorio marcado CE.

En la declaración de prestaciones de cada una de las mezclas, el fabricante ha de declarar:

- En el caso de la incorporación de NFVU la dotación sobre ligante total y mezcla.
- En el caso de la incorporación de RA la dotación sobre mezcla.
- En el caso de rebajar temperaturas:
 - o Sistema empleado
 - o En su caso:
 - Tipo de ligante empleado
 - Porcentaje de aditivo empleado
 - o Las temperaturas de:
 - Mezclado.
 - Compactación.

6 MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO SMA

Las prescripciones para el diseño, fabricación y puesta en obra de las mezclas tipo SMA se han fundamentado en:

- Lo indicado en el artículo 544 del PG-3.
- La obligación de cumplir alguno de los requisitos recogidos en estas Instrucciones para que las mezclas adquieran la categoría de sostenibles.

6.1 DEFINICIÓN

Se define como mezcla bituminosa tipo SMA la combinación de un ligante hidrocarbonado, áridos —con bajas proporciones de árido fino y discontinuidad granulométrica en los tamaños intermedios del árido grueso—, polvo mineral, NFVU y, en su caso RA, de manera que todas las partículas del árido queden recubiertas por una gruesa película homogénea de ligante, cuyo proceso de fabricación y puesta en obra debe realizarse a una temperatura muy superior a la del ambiente.

En función de la temperatura necesaria para su fabricación y puesta en obra las mezclas bituminosas tipo SMA se clasifican en calientes y semicalientes. En estas últimas, el empleo de betunes especiales, aditivos u otros procedimientos, permiten disminuir la temperatura mínima de mezclado en, al menos, cuarenta grados Celsius (40°C) respecto a la mezcla equivalente.

Las mezclas bituminosas tipo SMA recogidas en estas Instrucciones se caracterizan por poseer una gran cantidad de árido grueso, una elevada proporción de ligante y de polvo mineral, una baja cantidad de árido de tamaño intermedio, NFUV y, eventualmente, RA, que se podrá fabricar a las temperaturas de las mezclas en caliente y semicaliente.

La ejecución de este tipo de mezcla bituminosa incluye las siguientes operaciones:

- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Fabricación de acuerdo con la fórmula de trabajo.
- Transporte al lugar de empleo.
- Preparación de la superficie que va a recibir la mezcla.
- Extensión y compactación de la mezcla.

6.2 MATERIALES

6.2.1 Consideraciones generales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Reglamento 305/2011, de 9 de marzo de 2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción. Para los productos con marcado CE, el fabricante asumirá la responsabilidad sobre la conformidad de aquéllos con las prestaciones declaradas, de acuerdo con el artículo 11 del mencionado Reglamento.

Los productos que tengan el marcado CE deberán ir acompañados, además de dicho marcado, de la Declaración de Prestaciones, y de las instrucciones e información de seguridad del producto. Por su parte, el Contratista de la Obra (en lo sucesivo, el Contratista) deberá verificar que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE son conformes con las especificaciones contempladas en el Proyecto o, en su defecto, en estas Instrucciones Generales, debiendo adoptar, en el caso de que existan indicios de incumplimiento de las especificaciones declaradas, todas aquellas medidas que considere oportunas para garantizar la idoneidad del producto suministrado a la obra.

Independientemente de lo anterior, se estará además en todo caso a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, de producción, almacenamiento, gestión y transporte de productos de la construcción, de residuos de construcción y demolición, y de suelos contaminados.

6.2.2 Ligantes hidrocarbonados

Para estas Instrucciones el ligante empleado en las mezclas SMA será betún de penetración, preferentemente el 50/70, que deberá cumplir las especificaciones del artículo 211 del PG- 3.

Estas mezclas cumplirán lo dispuesto en el apartado 10.4 del Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos 2016-2022, aprobado por Acuerdo de Consejo de Ministros de 6 de noviembre de 2015, de fomentar el uso de polvo de caucho procedente de neumáticos al final de su vida útil en la fabricación de mezclas bituminosas para pavimentos de carreteras, promoviendo el establecimiento de porcentajes mínimos de uso. De acuerdo con ello

- Las SMA para capas de rodadura serán mezclas modificadas de alta viscosidad en caucho, por lo que:
 - o La modificación del ligante se conseguirá con una dotación superior al 15% de NFVU sobre el total del ligante empleado.
- Las SMA para capas intermedia serán mezclas mejoradas o de alta viscosidad en caucho, por lo que, en el caso de ser mezclas mejoradas:
 - o La modificación del ligante se conseguirá con la dotación de polvo de caucho entre el 6 y el 12% sobre el total del ligante empleado.

La incorporación del NFVU será, preferentemente por vía semihúmeda, pudiéndose emplear la vía húmeda para la SMA de alta viscosidad.

En el caso de que se requiera incorporar RA, se actuará de acuerdo con lo indicado en el apartado 3 de estas Instrucciones

En el caso de que se requiera reducir la temperatura de fabricación, extendido y compactación, se actuará de acuerdo con lo indicado en el apartado 4 de estas Instrucciones

6.2.3 NFVU

6.2.3.1 Definición

Se define como polvo de caucho para su aplicación en obras de pavimentación a las partículas de tamaño no superior a ocho décimas de milímetro ($\nless 0,8$ mm) obtenidas del proceso de granulación y molienda de neumáticos al final de su vida útil (NFVU), compuestas por una mezcla de caucho natural y cauchos sintéticos, tras haber procedido a la retirada de sus componentes ferromagnéticos, textiles y contaminantes.

El polvo de caucho puede incorporar aditivos que mejoren su empleo, denominándose polvo de caucho aditivado, o haber sido sometido a procesos de tratamiento para modificar sus propiedades, obteniéndose lo que se denomina polvo de caucho pretratado.

6.2.3.2 Características

Las características químicas y físicas del NFVU son las definidas en el apartado 2 de estas Instrucciones.

6.2.4 RA

6.2.4.1 Definición

Se define como material bituminoso a reciclar (RA), el procedente de la disgregación de capas de mezclas bituminosas (rodadura, intermedia o base), obtenido mediante fresado o demolición, eventual trituración y posterior tratamiento y clasificación. Este material debe estar compuesto por áridos de buena calidad y granulometría continua, cubiertos por betún asfáltico envejecido.

La fabricación de una mezcla bituminosa, incorporando RA en central, incluye las siguientes operaciones:

- Acopio del RA procedente de firmes o pavimentos bituminosos envejecidos.
- Tratamiento del RA (eventual trituración, eliminación de elementos metálicos contaminantes y clasificación por capas, tamaño, aplicación, etc.).
- Caracterización y acopio del RA tratado.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo, con la adaptación de todos los materiales de aportación (áridos, ligante, etc.) a las características del árido y ligante procedente del RA.

6.2.4.2 Características

Las características del RA son las definidas en el apartado 3 de estas Instrucciones.

6.2.5 Áridos

6.2.5.1 Características generales

Los áridos a emplear en las mezclas bituminosas tipo SMA podrán ser de origen natural o artificial (como, por ejemplo, las escorias siderúrgicas) siempre que cumplan las especificaciones recogidas en este artículo.

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en frío en las tolvas de la central de fabricación.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la Obra, podrá exigir propiedades o especificaciones adicionales cuando se vayan a emplear áridos cuya naturaleza o procedencia así lo requiriesen.

Antes de pasar por el secador de la central de fabricación, el equivalente de arena (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) para la fracción 0/4 mm (SE_4) del árido combinado (incluido el polvo mineral procedente de los áridos), de acuerdo con las proporciones fijadas en la fórmula de trabajo, deberá ser superior a cincuenta y cinco ($SE_4 > 55$) o, en caso de no cumplirse esta condición, su valor de azul de metileno (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9) para la fracción 0/0,125 mm del árido combinado deberá ser inferior a siete gramos por kilogramo ($MB_F < 7 \text{ g/kg}$) y, simultáneamente, el equivalente de arena (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) deberá ser superior a cuarenta y cinco ($SE_4 > 45$).

Los áridos no serán susceptibles a ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo. Se debe garantizar tanto la durabilidad a largo plazo, como que no puedan dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del firme, o contaminar corrientes de agua superficiales o subterráneas. Por ello, en materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, deberá hacerse un estudio especial sobre su aptitud para ser empleados.

6.2.5.2 Árido grueso

6.2.5.2.1 Definición

A efectos de aplicación de este artículo, se define como árido grueso la parte del árido total retenida en el tamiz 2 mm (norma UNE-EN 933-2).

6.2.5.2.2 Procedencia

El árido grueso para capas de rodadura será de una única procedencia y naturaleza.

En caso de que en capas intermedias se empleen áridos de distintas procedencias, cada una de ellas deberá cumplir las prescripciones establecidas en el epígrafe 6.2.5.2

Los áridos gruesos a emplear en capas de rodadura para categorías de tráfico pesado T00 a T1 no provendrán de canteras de naturaleza caliza, ni podrán fabricarse por trituración de gravas procedentes de yacimientos granulares.

En el caso de que se emplee árido grueso procedente de la trituración de grava natural, y para las capas de rodadura de la categoría de tráfico pesado T2, se cumplirá la condición de que el tamaño de las partículas, antes de su trituración, deberá ser superior a seis (> 6) veces el tamaño máximo del árido que se desee obtener.

Si en el árido grueso se apreciaran partículas meteorizadas o con distintos grados de alteración, su proporción en masa no será nunca superior al cinco por ciento ($\geq 5\%$). El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de la Obra podrán establecer un valor inferior al indicado.

En capas de rodadura de carreteras sometidas durante el invierno a heladas o frecuentes tratamientos de vialidad invernal, si el valor de la absorción (norma UNE-EN 1097-6) es superior al uno por ciento ($> 1\%$), el valor del ensayo de sulfato de magnesio (norma UNE-EN 1367-2) deberá ser inferior a quince por ciento ($MS < 15\%$).

6.2.5.2.3 Angulosidad (porcentaje de caras de fractura)

La proporción de partículas total y parcialmente trituradas del árido grueso (norma UNE-EN 933-5) deberá cumplir lo fijado en la tabla 6.1.a

TABLA 6.1.a - PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TOTAL Y PARCIALMENTE TRITURADAS (% en masa)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
T00 a T31	T32 y ARCENES	T4
100	≥ 90	≥ 70

Adicionalmente, la proporción de partículas totalmente redondeadas del árido grueso (norma UNE-EN 933-5) deberá cumplir lo fijado en la tabla 6.1.b.

TABLA 6.1.b - PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TOTALMENTE REDONDEADAS (% en masa)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
T00 a T31	T32 y ARCENES	T4
0	≤ 1	≤ 10

6.2.5.2.4 Forma (índice de lajas)

El índice de lajas (FI) de las distintas fracciones del árido grueso (norma UNE-EN 933-3) deberá cumplir lo fijado en la tabla 6.2.

TABLA 6.2- ÍNDICE DE LAJAS (FI)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
T00 a T31	T32, T4 y ARCENES
≤ 20	≤ 25

6.2.5.2.5 Resistencia a la fragmentación (coeficiente de Los Ángeles)

El coeficiente de Los Ángeles (LA) del árido grueso (norma UNE-EN 1097-2), deberá cumplir lo fijado en la tabla 6.3.

TABLA 6.3 - COEFICIENTE DE LOS ÁNGELES (LA)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
	T00 y T0	T1 y T2	T3, T4 y ARCENES
RODADURA	≤ 15	≤ 20	≤ 25
INTERMEDIA	≤ 25		

6.2.5.2.6 Resistencia al pulimento (coeficiente de pulimento acelerado)

El coeficiente de pulimento acelerado (PSV) del árido grueso a emplear en capas de rodadura (norma UNE-EN 1097-8) deberá cumplir lo fijado en la tabla 6.4.

TABLA 6.4- COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO (PSV) PARA CAPAS DE RODADURA

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
T00 y T0	T1 a T31	T32, T4 y ARCENES
≥ 56	≥ 50	≥ 44

6.2.5.2.7 Limpieza (contenido de impurezas)

El árido grueso deberá estar exento de todo tipo de materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa. El contenido de finos del árido grueso (norma UNE-EN 933-1), determinado como el porcentaje que pasa por el tamiz 0,063 mm, será inferior al cinco por mil (< 5 ‰) en masa.

En el caso de que no se cumplan las prescripciones establecidas respecto a la limpieza del árido grueso, el Director de la Obra deberá exigir su lavado, aspiración u otros métodos previamente aprobados, y una nueva comprobación.

6.2.5.3 Árido fino

6.2.5.3.1 Definición

A efectos de aplicación de este artículo, se define como árido fino la parte del árido total cernida por el tamiz 2 mm y retenida por el tamiz 0,063 mm (norma UNE-EN 933-2).

6.2.5.3.2 Procedencia

En general, el árido fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o grava natural.

Únicamente en capas intermedias para categorías de tráfico pesado T3, T4 y arcenes, se podrá emplear en parte arena natural no triturada, y en ese caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la Obra, deberá señalar la proporción máxima en la mezcla, la cual no será superior al diez por ciento ($\neq$ 10%) de la masa total del árido combinado, ni superará el porcentaje de árido fino triturado.

Para capas de rodadura será preceptivo emplear una fracción 0/2 mm con un porcentaje retenido por el tamiz 2 mm no superior al diez por ciento ($\neq$ 10%) del total de la fracción, con el fin de asegurar una granulometría bien adaptada al huso granulométrico de la mezcla, así como evitar la existencia de partículas de tamaño superior a 2 mm que no cumplan las características exigidas en el epígrafe 6.2.5.2 en el caso de que se emplee árido fino de distinta procedencia que el grueso.

6.2.5.3.3 Limpieza

El árido fino deberá estar exento de todo tipo de materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

6.2.5.3.4 Resistencia a la fragmentación

El material que se triture para obtener árido fino deberá cumplir las condiciones exigidas al árido grueso en el epígrafe 6.2.5.2.5 sobre el coeficiente de Los Ángeles (LA).

Se podrá emplear árido fino de otra naturaleza que mejore alguna característica, en especial la adhesividad, pero en cualquier caso procederá de árido grueso con coeficiente de Los Ángeles inferior a veinticinco ($LA < 25$).

6.2.5.4 Polvo mineral

6.2.5.4.1 Definición

Se define como polvo mineral a la parte del árido total cuya mayor parte pasa por el tamiz 0,063 mm (norma UNE-EN 933-2).

6.2.5.4.2 Procedencia

El polvo mineral podrá ser un producto comercial o especialmente preparado, en cuyo caso se denomina “de aportación”.

El polvo mineral puede ser natural y proceder de los propios áridos empleados en la fabricación de la mezcla, en cuyo caso deberá separarse de ellos el existente en exceso, por medio de los preceptivos sistemas de extracción de la central de fabricación.

Únicamente podrán emplearse como polvo mineral de aportación aquellos productos que estén en posesión del correspondiente marcado CE, de conformidad con la norma UNE-EN 13043.

Cuando se utilice cal hidratada (hidróxido cálcico) como polvo mineral de aportación se seguirán los criterios descritos en la norma UNE 41260-1 IN, debiendo estar en posesión del correspondiente marcado CE, de conformidad con la norma UNE-EN 13043.

La proporción del polvo mineral de aportación a emplear en la mezcla deberá cumplir lo fijado en la tabla 6.5 El Director de la Obra podrá modificar la proporción mínima de éste únicamente en el caso de que se comprobase que el polvo mineral procedente de los áridos cumple las condiciones exigidas

Si el polvo mineral de los áridos fuese susceptible de contaminación o degradación deberá extraerse en su totalidad, salvo el que quede inevitablemente adherido a los áridos tras su paso por el secador, que en ningún caso podrá rebasar el dos por ciento ($\neq$ 2%) de la masa de la mezcla.

TABLA 6.5 - PROPORCIÓN DE POLVO MINERAL DE APORTACIÓN
(% en masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitablemente adherido a los áridos)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00	TO y T1	T2	T3 y ARCENES	T4
RODADURA	100			> 50	
INTERMEDIA	100		$\geq$ 50		-

6.2.5.4.3 Granulometría

La granulometría del polvo mineral se determinará según la norma UNE-EN 933-10. El cien por ciento (100%) de los resultados de los análisis granulométricos estarán comprendidos dentro del huso granulométrico general definido en la tabla 6.6.

Cuando se utilice cal hidratada (hidróxido cálcico) como polvo mineral de aportación se seguirán los criterios descritos en la norma UNE 41260-1 IN.

Adicionalmente, el noventa por ciento (90%) de los resultados de los análisis granulométricos basados en los últimos veinte (20) valores obtenidos, quedarán incluidos dentro de un huso granulométrico restringido, cuya amplitud máxima en los tamices correspondientes a 0,125 mm y 0,063 mm no superará el diez por ciento ($\neq$ 10%).

TABLA 6.6 – ESPECIFICACIONES PARA LA GRANULOMETRIA

ABERTURA DEL TAMIZ (mm)	HUSO GRANULOMÉTRICO GENERAL PARA RESULTADOS INDIVIDUALES CERNIDO ACUMULADO (% en masa)	AMPLITUD MÁXIMA DEL HUSO RESTRINGIDO (% en masa)
2	100	-
0.125	85 a 100	10
0.063	70 a 100	10

6.2.5.4.4 Finura y actividad

La densidad aparente del polvo mineral (Anexo A de la norma UNE-EN 1097-3) deberá estar comprendida entre cinco y ocho décimas de gramo por centímetro cúbico.

6.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

6.3.1 Designación

Para identificar las mezclas que incorporan caucho por vía semihúmeda se añadirá la letra C al tipo de mezcla, además de especificar el tipo de mezcla en función de la dotación polvo de caucho

La designación de las mezclas bituminosas tipo SMA, contempladas en estas Instrucciones Generales según la nomenclatura establecida en la norma UNE-EN 13108-5, se complementará con la información correspondiente al empleo de caucho y a la capa en la que irá situada siguiendo el siguiente esquema:

SMA	C	Mejorada/modificada/alta viscosidad	D	Surf/bin	Ligante
-----	---	-------------------------------------	---	----------	---------

Donde:

SMA	indicación relativa al tipo de mezcla bituminosa.
C	indicación relativa a que la mezcla contiene caucho por vía seca o semihúmeda
Mejorada/modificada/alta viscosidad	Define el tipo de mezcla bituminosa en función de los contenidos en polvo de caucho
D	tamaño máximo del árido, expresado como la abertura del tamiz que deja pasar entre un noventa y un cien por ciento (90% y 100%) del total del árido.
surf/bin	abreviatura relativa al tipo de capa de empleo de la mezcla, rodadura o intermedia, respectivamente.
Ligante	tipo de ligante hidrocarbonado utilizado.

Cuando la mezcla bituminosa sea semicaliente se añadirá esta palabra al final de la designación de la mezcla.

Nota. Una mezcla del tipo SMA con caucho por vía semihúmeda, con un porcentaje de polvo de caucho sobre el ligante superior al 15%, con un tamaño máximo de árido de 16 mm para capa intermedia y fabricada con un betún asfáltico de penetración 50/70 se designaría como:

SMAC alta viscosidad 16 bin 50/70

Una mezcla del tipo SMA con caucho por vía húmeda o semihúmeda, con un porcentaje de polvo de caucho sobre el ligante total superior al 15% con un tamaño máximo de árido de 11 mm para capa de rodadura y fabricada con un betún asfáltico de penetración 50/70 se designaría como:

SMAC alta viscosidad 11 surf 50/70

6.3.2 Contenido en NFVU

El polvo de caucho se considerará como parte de la granulometría del árido, como si se tratase de una fracción más. Debe tenerse en cuenta su densidad, empleando para ello los valores declarados por el suministrador, dado que es muy diferente a la de los áridos.

El polvo de caucho deberá cumplir las especificaciones contenidas en el apartado 2 de estas Instrucciones Generales. Su contenido mínimo, referido al peso total de la mezcla, cumplirá los valores indicados en la Tabla 6.7 en función del tipo de mezcla.

TABLA 6.7 – CONTENIDO MÍNIMO DE CAUCHO EN MEZCLA

Tipo de mezcla	Contenido en peso sobre el total de la mezcla (%)	
	CAPAS BASE E INTERMEDIA	CAPA DE RODAURA
SMAC	> 0.3	> 1

En el caso de polvo de caucho pretratado, deberá tenerse en cuenta su contenido de ligante y de polvo mineral de aportación, en base a los valores declarados por el fabricante de este producto, para ajustar la dotación de ligante y la relación ponderal polvo mineral/ligante de la mezcla.

6.3.3 Contenido en RA

En el caso de que se requiera la incorporación de RA a la mezcla, las proporciones permitidas por estas Instrucciones están definidas en el apartado 3, que son:

- Para las SMA en capas de rodadura la proporción de RA no será superior al 10% ($\leq 10\%$)
- Para las SMA en capa intermedia se permite hasta un 20%. ($\leq 20\%$)

El Pliego de prescripciones particulares de la obra, o en su caso el Director de las obras, podrán elevar estos porcentajes en cuyo caso se actuará de acuerdo con lo indicado en el apartado 3 de estas Instrucciones.

6.3.4 Granulometría

La granulometría del árido obtenido combinando las distintas fracciones de los áridos (incluido el polvo mineral), según el tipo de mezcla, deberá estar comprendida dentro de alguno de los husos fijados en la tabla 6.8. El análisis granulométrico se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 933-1.

TABLA 6.8 - HUSOS GRANULOMÉTRICOS. CERNIDO ACUMULADO (% en masa)

TIPO DE MEZCLA (*)	ABERTURA DE LOS TAMICES. NORMA UNE-EN 933-2 (mm)							
	22	16	11.2	8	4	2	0.5	0.063
SMA 8	-	-	100	90-100	30-45	25-35	12-22	7-9
SMA 11	-	100	90-100	55-80	22-33	20-30	12-20	6-10
SMA 16	100	90-100	22-80	35-55	17-35	15-25	10-18	6-10

(*) A efectos de esta tabla, para designar el tipo de mezcla, se incluye solo la parte de la nomenclatura que se refiere expresamente al huso granulométrico (se omite por tanto la indicación de la capa de firme y del tipo de ligante).

6.3.5 Espesor y contenido mínimo de ligante

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo de mezcla bituminosa a emplear en función del tipo y del espesor de la capa del firme, así como la dotación mínima de ligante hidrocarbonado que, en cualquier caso, deberá cumplir lo indicado en la tabla 6.9.

TABLA 6.9 - TIPO, COMPOSICIÓN Y DOTACIÓN DE LA MEZCLA

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	ESPESOR (cm)	DOTACIÓN MÍNIMA DE LIGANTE (%) (*) (**)
Rodadura	SMA 8 surf	2-4	6.0
	SMA 11 surf	3-5	5.8
	SMA 16 surf	4-6	
Intermedia	SMA 16 bin	5-9	5.6

(*) se entiende como ligante la suma de las dotaciones del betún de penetración (añadido a la mezcla y el presente en el NFVU pretratado) y el porcentaje de NFVU del NFVU pretratado.

(**) Porcentaje en masa sobre el total de la mezcla bituminosa, incluido el polvo mineral.

En el caso de que la densidad de los áridos (norma UNE-EN 1097-6), sea diferente de dos gramos y sesenta y cinco centésimas de gramo por centímetro cúbico (2,65 g/cm³), los contenidos mínimos de ligante de la tabla 6.9 se deberán corregir multiplicando por el factor $\alpha = 2,65/\rho_d$, donde ρ_d es la densidad de las partículas de árido.

Salvo justificación en contrario, la relación ponderal recomendable entre los contenidos de polvo mineral y ligante hidrocarbonado (expresados ambos respecto de la masa total

de árido seco, incluido el polvo mineral) determinada en la fórmula de trabajo, según el tipo de mezcla, deberá estar comprendida entre doce y dieciséis décimas (1,2 a 1,6).

6.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

6.4.1 Consideraciones generales

Cuando sea necesario aplicar un tratamiento antiadherente a los equipos de fabricación, transporte, extendido o compactación, este consistirá en general en una solución jabonosa, un agente tensoactivo u otros productos sancionados por la experiencia, que garanticen que no son perjudiciales para la mezcla bituminosa ni para el medioambiente, debiendo ser previamente aprobados por el Director de la Obra. No se permitirá en ningún caso el empleo de productos derivados de la destilación del petróleo.

No se podrá utilizar en la ejecución de una mezcla bituminosa ningún equipo que no haya sido previamente empleado en el tramo de prueba y aprobado por el Director de la Obra.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de la Obra.

6.4.2 Central de fabricación

Lo dispuesto en este epígrafe se entenderá sin perjuicio de lo establecido en la norma UNE-EN 13108-5 para el marcado CE.

Las mezclas bituminosas se fabricarán mediante centrales capaces de manejar simultáneamente, en frío, el número de fracciones del árido que exija la fórmula de trabajo adoptada. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares señalará la producción horaria mínima de la central, en función de las características y necesidades mínimas de consumo de la obra.

El número mínimo de tolvas para áridos en frío será función del número de fracciones de árido que exija la fórmula de trabajo adoptada, pero, en todo caso, no será inferior a tres (≥ 3).

En centrales de mezcla continua con tambor secador-mezclador, el sistema de dosificación será ponderal, al menos para la arena y para el conjunto de los áridos, y tendrá en cuenta la humedad de éstos para corregir la dosificación en función de ella. En los demás tipos de central para la fabricación de mezclas para las categorías de tráfico pesado T00 a T2 también será preceptivo disponer de sistemas ponderales de dosificación en frío.

La central tendrá sistemas separados de almacenamiento y dosificación del polvo mineral recuperado y de aportación, los cuales serán independientes de los correspondientes al resto de los áridos y estarán protegidos de la humedad.

Las centrales cuyo secador no sea a la vez mezclador, estarán provistas de un sistema de clasificación de los áridos en caliente (de capacidad acorde con su producción) en un número de fracciones no inferior a tres (≥ 3), y de silos para almacenarlos.

Las centrales de mezcla discontinua estarán provistas en cualquier circunstancia de dosificadores ponderales independientes: al menos uno (1) para los áridos calientes, cuya precisión sea superior al cinco por mil ($\pm 5 \text{ ‰}$), y al menos uno (1) para el polvo mineral y uno (1) para el ligante hidrocarbonado, cuya precisión sea superior al tres por mil ($\pm 3 \text{ ‰}$).

La central de fabricación dispondrá de una tolva específica para la incorporación del polvo de caucho por vía semihúmeda con sistema de dosificación ponderal con una precisión superior al tres por mil ($\pm 3 \text{ ‰}$).

En centrales continuas debe evitarse que el polvo de caucho pueda quedar bajo la influencia de la llama directa en el secador, para prevenir el riesgo de que pueda quemarse. Por este motivo, se incorporará por las entradas previstas para los aditivos. En el caso de contar con un sistema dinámico de pesaje, su precisión no será inferior al uno por mil ($\pm 1 \text{ ‰}$).

En el caso de incorporar RA a la mezcla, la central de fabricación cumplirá con lo indicado en el apartado 3 de estas Instrucciones Generales.

6.4.3 Elementos de transporte

La mezcla bituminosa se transportará al lugar de empleo en camiones de caja abierta, lisa y estanca, perfectamente limpia y tratada para evitar que la mezcla se adhiera a ella. Dichos camiones deberán estar siempre provistos de una lona o cobertor adecuado para proteger la mezcla bituminosa durante su transporte.

La forma y altura de la caja de los camiones deberá ser tal que, durante el vertido en la extendidora, cuando ésta no disponga de elementos de transferencia de carga, el camión sólo toque a aquélla a través de los rodillos previstos al efecto.

Los medios de transporte deberán estar adaptados, en todo momento, al ritmo de ejecución de la obra teniendo en cuenta la capacidad de producción de la central de fabricación y del equipo de extensión, y la distancia entre ésta y la zona de extensión.

A la vista de las condiciones climáticas que rodeen la puesta en obra, de los tiempos de digestión si son necesarios, transporte y espera, especialmente cuando sean superiores a una hora ($> 1 \text{ h}$) el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de la Obra podrá exigir que las cajas de los camiones dispongan de aislamiento térmico y de puntos de control de la temperatura de la mezcla uniformemente repartidos en sus laterales, en un número total no inferior a cuatro ($\nless 4$).

En el caso de incorporar RA a la mezcla, los elementos de transporte cumplirán con lo indicado en el apartado 3 de estas Instrucciones Generales.

6.4.4 Equipo de extensión

Las extendidoras serán autopropulsadas y estarán dotadas de los dispositivos necesarios para la puesta en obra de la mezcla bituminosa con la configuración deseada y un mínimo de precompactación, que será fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas

Particulares o, en su defecto, por el Director de la Obra. La capacidad de sus elementos, así como su potencia, serán adecuadas al trabajo a realizar.

La extendedora deberá estar dotada de un dispositivo automático de nivelación y de un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal cuando ésta sea necesaria.

Se comprobará, en su caso, que los ajustes del enrasador y de la maestra se atienen a las tolerancias mecánicas especificadas por el fabricante, y que dichos ajustes no han sido afectados por el desgaste u otras causas.

Para las categorías de tráfico pesado T00 a T31, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de la Obra podrá exigir que delante de la extendedora se disponga un equipo de transferencia autopropulsado que, esencialmente, colabore a garantizar la homogeneización granulométrica y además permita la uniformidad térmica y de las características superficiales. Este requisito será, en cualquier caso, preceptivo para estas categorías de tráfico pesado cuando la superficie a extender sea superior a setenta mil metros cuadrados ($> 70\,000\text{ m}^2$).

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto el Director de la Obra, fijará las anchuras máxima y mínima de la extensión y la situación de las juntas longitudinales necesarias. Si a la extendedora se acoplaran piezas para aumentar su anchura, éstas deberán quedar perfectamente alineadas con las originales.

6.4.5 Equipo de compactación

El equipo de compactación para capas de rodadura tipo SMA 8 y SMA 11 estará formado, exclusivamente, por compactadores de rodillos metálicos. En los restantes casos, podrán emplearse también compactadores de neumáticos.

Los compactadores de rodillos metálicos deberán ser autopropulsados, tener inversores de sentido de marcha de acción suave, y estar dotados de dispositivos para la limpieza de sus llantas durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario. Las llantas metálicas de los compactadores no presentarán surcos ni irregularidades en ellas.

La composición del equipo de compactación será aprobada por el Director de la Obra a la vista de los resultados del tramo de prueba.

Las presiones de contacto de los compactadores deberán ser las necesarias para conseguir la densidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, sin producir roturas del árido, ni arrollamientos de la mezcla a la temperatura de compactación, y serán aprobadas por el Director de la Obra a la vista de los resultados del tramo de prueba.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá especificar el empleo de compactadores equipados con sistemas infrarrojos de medición de la temperatura para controlar el plazo óptimo de compactación, así como de sistemas de control de la energía de compactación para evitar sobrecompactaciones de la mezcla.

6.5 EJECUCIÓN DE LA OBRA

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

6.5.1.1 Principios generales

La fabricación y puesta en obra de la mezcla no se iniciará hasta que se haya aprobado por el Director de la Obra la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en el laboratorio y verificada en la central de fabricación.

Dicha fórmula fijará como mínimo las siguientes características:

- Identificación y proporción de cada fracción del árido en la alimentación y, en su caso, después de su clasificación en caliente.
- Granulometría de los áridos combinados, incluido el polvo mineral, por los tamices 22 mm; 16 mm; 11,2 mm; 8 mm; 4 mm; 2 mm; 0,500 mm y 0,063 mm de la norma UNE-EN 933-2 que correspondan para cada tipo de mezcla según la tabla 6.8, expresada en porcentaje del árido total con una aproximación del uno por ciento (1%), con excepción del tamiz 0,063 mm que se expresará con aproximación del uno por mil (1 ‰).
- Dosificación, en su caso, de polvo mineral de aportación, expresada en porcentaje del árido total con aproximación del uno por mil (1 ‰).
- Dosificación, en su caso, de polvo mineral de recuperación expresada en porcentaje del árido total con aproximación del uno por mil (1 ‰).
- Identificación y dosificación de ligante hidrocarbonado referida a la masa total de la mezcla (incluido el polvo mineral).
- Tipo de polvo de caucho empleado (normal, aditivado, pretratado) y dotación referida a:
 - o La masa de la mezcla total.
 - o La masa total de ligante
- Densidad mínima a alcanzar.

También se señalarán:

- Las prescripciones necesarias sobre la forma de incorporación y tiempo de mezclado del polvo de caucho para asegurar su completa dispersión en la mezcla. En su caso, se indicará el tiempo de amasado en seco con los áridos antes de la incorporación del ligante.
- El tiempo estimado de amasada.
- El tiempo mínimo de digestión, en el caso que sea necesario.
- Las temperaturas máxima y mínima de calentamiento previo de áridos y ligante. En ningún caso se introducirá en el mezclador árido a una temperatura superior a la del ligante en más de quince grados Celsius (15 °C).
- El suministrador del NFVU pretratado fijará las temperaturas mínimas y máximas de mezclado.
- La temperatura mínima de la mezcla en la descarga desde los elementos de transporte y a la salida de la extendidora, no será inferior a ciento treinta y cinco grados Celsius (≥ 135 °C), salvo en mezclas semicalientes o justificación en contrario.
- La temperatura mínima de la mezcla al iniciar y terminar la compactación.

La dosificación de ligante hidrocarbonado en la fórmula de trabajo se fijará teniendo en cuenta los materiales disponibles, la experiencia obtenida en casos análogos y verificando que la mezcla obtenida en la central de fabricación cumple los criterios establecidos en estas Instrucciones (epígrafes 6.5.1.2 a 6.5.1.5).

El Contratista deberá entregar al Director de la Obra para su consideración y posible aceptación, las características de las mezclas respecto de las siguientes propiedades:

- Contenido de huecos (epígrafe 6.5.1.2.) y densidad aparente asociada a ese valor.
- Resistencia a la deformación permanente (epígrafe 6.5.1.3.).
- Sensibilidad al agua (epígrafe 6.5.1.4.).
- Esgurrimiento del ligante (epígrafe 6.5.1.5.).

El fabricante de la mezcla bituminosa con caucho deberá indicar la temperatura de referencia para la compactación de las probetas y para la fabricación, extendido y compactación de la mezcla, así como, en su caso, el tiempo necesario de digestión para alcanzar una adecuada interacción betún/caucho.

En el caso de categorías de tráfico pesado T00 a T2, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la Obra, podrá exigir un estudio de sensibilidad de las propiedades de la mezcla a variaciones de granulometría y dosificación de ligante hidrocarbonado que no excedan de las admitidas en el epígrafe 6.9.3.1.

La fórmula de trabajo de la mezcla bituminosa deberá asegurar el cumplimiento de las características de la unidad terminada en lo referente a la macrotextura superficial y a la resistencia al deslizamiento, de acuerdo con lo indicado en el epígrafe 6.7.4.

Se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo si varía la procedencia de alguno de los componentes, o si durante la producción se rebasan las tolerancias granulométricas establecidas en este artículo.

El Director de la Obra podrá exigir la corrección de la fórmula de trabajo, con objeto de mejorar la calidad de la mezcla, para lo que se realizará un nuevo estudio y los ensayos oportunos.

En el caso de incorporar RA a la mezcla, la fórmula de trabajo contemplará todos los requisitos exigidos indicados en el apartado 3 de estas Instrucciones Generales.

6.5.1.2 Contenido de huecos

El contenido de huecos en mezcla, determinado según el método de ensayo de la norma UNE-EN 12697-8 indicado en el Anexo B de la norma UNE-EN 13108-20, cumplirá los valores fijados en la tabla 6.10. Para la realización del ensayo se emplearán probetas compactadas (norma UNE-EN 12697-30), aplicando cincuenta (50) golpes por cara.

La determinación del contenido de huecos en mezclas semicalientes podrá hacerse sobre probetas preparadas por compactación giratoria (norma UNE-EN 12697-31), a la temperatura de compactación prevista en obra. Para ello se compactarán hasta el número de giros que permitan obtener una densidad geométrica idéntica a la que se obtiene en probetas compactadas (norma UNE-EN 12697-30), aplicando cincuenta (50) golpes por

cara, en una mezcla en caliente de idénticas características con la excepción del tipo de ligante que deberá ser un betún asfáltico, modificado con polímeros en su caso, del mismo grado que el ligante que se desee emplear en la mezcla semicaliente. Los valores se considerarán válidos siempre que el número máximo de giros necesario para alcanzar dicha densidad geométrica sea de cien (100) con molde de diámetro interior de 100 mm.

TABLA 6.10 – CONTENIDO DE HUECOS EN MEZCLA EN PROBETAS.
 NORMA UNE-EN 12697-30 (50 golpes por cara)

TIPO DE MEZCLA	% DE HUECOS (UNE-EN 12697-8)
SMA 8	4-6
SMA 11	
SMA 16	4-7

El Director de la Obra, en el uso de sus atribuciones, podrá exigir el contenido de huecos rellenos de ligante existentes en el árido (VFB), de acuerdo con el método de ensayo de la norma UNE-EN 12697-8, en las condiciones indicadas en el Anexo B de la norma UNE-EN 13108-20, siempre que por las características de los mismos, o por su granulometría combinada, se prevean anomalías en la fórmula de trabajo. En tal caso, el contenido de huecos rellenos de ligante existentes en el árido (VFB) deberá ser menor o igual al ochenta y tres por ciento ($VFB \leq 83\%$).

6.5.1.3 Resistencia a la deformación permanente

La resistencia a deformaciones plásticas, determinada mediante el ensayo de pista de laboratorio, deberá cumplir lo establecido en la tabla 6.11. Este ensayo se hará según la norma UNE-EN 12697-22 empleando el dispositivo pequeño, el procedimiento B en aire, a una temperatura de sesenta grados Celsius (60 °C) y con una duración de diez mil (10 000) ciclos.

Para la realización de este ensayo se prepararán probetas, en número no inferior a tres (≥ 3), con el dispositivo de rodillo de acero (norma UNE-EN 12697-33), con una densidad superior al noventa y ocho por ciento ($> 98\%$) de la obtenida en probetas cilíndricas preparadas conforme a la norma UNE-EN 12697-30 aplicando cincuenta (50) golpes por cara.

TABLA 6.11 – PENDIENTE MEDIA DE DEFORMACIÓN EN PISTA (WTS_{AIRE}) EN EL INTERVALO DE 5 000 A 10 000 CICLOS
 NORMA UNE-EN 12697-22 (mm para 10³ ciclos de carga)

TIPO DE CAPA	ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
		T00 a T1	T2	T3, T4 y ARCENES
RODADURA	CÁLIDA Y MEDIA	≤ 0.07		-
	TEMPLADA	≤ 0.07	≤ 0.10	
INTERMEDIA	CÁLIDA Y MEDIA	≤ 0.07	≤ 0.07	
	TEMPLADA			

6.5.1.4 Sensibilidad al agua

En cualquier circunstancia se comprobará la adhesividad árido-ligante mediante la caracterización de la acción del agua. Para ello, tanto para capas de rodadura como para capas intermedias, la resistencia conservada en el ensayo de tracción indirecta tras inmersión, realizado a quince grados Celsius (15 °C) (método A de la norma UNE-EN 12697-12), tendrá un valor mínimo del noventa por ciento (ITSR $\geq$ 90%). Las probetas se compactarán según la norma UNE-EN 12697-30, aplicando cincuenta (50) golpes por cara.

Se podrá mejorar la adhesividad entre el árido y el ligante hidrocarbonado mediante activantes directamente incorporados al ligante. En todo caso, la dotación mínima no será inferior a la indicada en la tabla 6.9.

6.5.1.5 Escurrimiento del ligante

Deberá comprobarse que el escurrimiento del ligante mediante el método del vaso de precipitados descrito en la norma UNE-EN 12697-18, es inferior al tres por mil (< 3‰).

6.5.2 Preparación de la superficie existente

Se comprobará la regularidad superficial y el estado de la superficie sobre la que se vaya a extender la mezcla bituminosa. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de la Obra, indicará las medidas encaminadas a restablecer una regularidad superficial aceptable antes de proceder a la extensión de la mezcla y, en su caso, a reparar las zonas con algún tipo de deterioro.

La regularidad superficial de la superficie existente deberá cumplir lo indicado en las tablas 6.12.a o 6.12.b. Si está constituida por un pavimento heterogéneo, se deberán, además, eliminar mediante fresado los excesos de ligante y sellar las zonas demasiado permeables, de acuerdo con las instrucciones del Director de la Obra.

Sobre la superficie de asiento se ejecutará un riego de adherencia, conforme al artículo 531 del PG-3 y las instrucciones adicionales que establezca el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, teniendo especial cuidado de que dicho riego no se degrade antes de la extensión de la mezcla, protegiéndolo en caso de que sea necesario.

Se comprobará especialmente que, transcurrido el plazo de rotura del ligante de los tratamientos aplicados, no quedan restos de agua en la superficie. Además, si ha pasado mucho tiempo desde su aplicación, se verificará que su capacidad de unión con la mezcla bituminosa no ha disminuido en forma perjudicial; en caso contrario, el Director de la Obra ordenará la ejecución de un riego de adherencia adicional.

6.5.3 Aprovisionamiento de áridos

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas en frío. Cada fracción será suficientemente homogénea y se podrá acopiar y manejar sin peligro de segregación. El número mínimo de fracciones será de dos (2) para mezclas SMA 8 y SMA 11, y de tres (3) para mezclas SMA 16. El Director de la Obra podrá exigir un mayor número

de fracciones, si lo estima necesario para cumplir las tolerancias exigidas a la granulometría de la mezcla en el epígrafe 6.9.3.1.

Cada fracción del árido se acopiará separada de las demás para evitar intercontaminaciones. Los acopios se dispondrán preferiblemente sobre zonas pavimentadas. Si se dispusieran sobre el terreno natural no se utilizarán sus quince centímetros (15 cm) inferiores. Los acopios se construirán por tongadas de espesor no superior a un metro y medio ($\neq 1,5$ m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en la producción o suministro de los áridos, se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de un árido, que obligará siempre al estudio de una nueva fórmula de trabajo cumpliendo el epígrafe 6.5.1.1.

En el caso de obras pequeñas, con volumen total de áridos inferior a cinco mil metros cúbicos ($< 5\,000\text{ m}^3$), antes de empezar la fabricación deberá haberse acopiado la totalidad de los áridos. En otro caso, el volumen mínimo a exigir será el treinta por ciento (30%) o el correspondiente a un (1) mes de producción máxima del equipo de fabricación.

6.5.4 Fabricación de la mezcla

Lo dispuesto en este epígrafe se entenderá sin perjuicio de lo establecido en la norma UNE-EN 13108-5 para el mercado CE.

La carga de cada una de las tolvas de áridos en frío se realizará de forma que su contenido esté siempre comprendido entre el cincuenta y el cien por ciento (50% a 100%) de su capacidad, sin rebosar.

A la descarga del mezclador todos los tamaños del árido deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla, y todas sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla al salir del mezclador no excederá de la fijada en la fórmula de trabajo.

Se cuidará la correcta dosificación de los aditivos, al ligante y/o a la mezcla, su distribución homogénea, así como que no pierda las características previstas durante todo el proceso de fabricación.

El fabricante de las mezclas bituminosas con caucho es responsable de que éstas se elaboren en las condiciones de homogeneidad y temperatura definidas por el fabricante del NFVU pretratado. Para ello, las centrales de fabricación deben dotarse de la instrumentación necesaria que garantice, según los procedimientos internos de cada instalación, que cada amasada sea uniforme y mantenga las óptimas condiciones durante el transporte hasta su puesta en obra.

6.5.5 Tiempo de digestión

En las mezclas que incorporen caucho por vía semihúmeda es preciso garantizar un tiempo suficiente de contacto entre el betún y el polvo de caucho en condiciones adecuadas de temperatura. Para ello, el producto resultante tras la envuelta puede

almacenarse en un silo intermedio entre la fabricación y el transporte, o bien transportarse en vehículos convenientemente adaptados para garantizar las menores pérdidas posibles de temperatura hasta el momento de la extensión.

El tiempo de digestión dependerá del tipo de polvo de caucho utilizado y de la temperatura de fabricación de la mezcla. El fabricante de la mezcla deberá indicar con precisión este tiempo en base a los resultados de su control de producción.

A falta de experiencias previas el tiempo de digestión se determinará mediante el ensayo de determinación de sensibilidad al agua realizado sobre probetas en las que se haya dejado transcurrir un determinado tiempo desde la fabricación de la mezcla con caucho, que se conservará en estufa a una temperatura diez grados Celsius (10°C) inferior a la de fabricación.

El tiempo de digestión será aquel que sea necesario para que se cumpla la especificación de resistencia conservada en el ensayo de tracción indirecta tras inmersión, realizado a quince grados Celsius (15 °C) (método A de la norma UNE EN 12697-12), establecida en función del tipo de mezcla. Las probetas se compactarán según la norma UNE-EN 12697-30, aplicando cincuenta (50) golpes por cara, y desmoldadas en un plazo no inferior a cuatro horas (≥ 4 h) para evitar su descompactación.

Los resultados de laboratorio deberán contrastarse con mezcla fabricada en central.

NOTA: La utilización de aditivos activantes de la adhesividad puede conducir a errores en la determinación del tiempo de digestión del caucho, por lo que se recomienda tenerlo en cuenta a la hora de efectuar el ensayo. Una forma, por ejemplo, sería tomar como valor de resistencia conservada de referencia la máxima que es posible alcanzar sin el empleo de aditivos. Una vez determinado el tiempo de digestión se ajusta la cantidad de aditivo necesaria para mejorar la adhesividad y se repite la determinación del tiempo de digestión en estas nuevas condiciones. El tiempo de digestión final a adoptar será el que haya resultado mayor.

6.5.6 Transporte

La mezcla bituminosa se transportará en camiones de la central de fabricación a la extendidora. La caja del camión se tratará previamente con un líquido antiadherente, de acuerdo con lo indicado en el epígrafe 6.4.1. Dicha solución se pulverizará de manera uniforme sobre los laterales y fondo de la caja, utilizando la mínima cantidad para impregnar toda la superficie, y sin que se produzca un exceso de líquido antiadherente, que deberá drenarse en su caso, antes de cargar la mezcla bituminosa. No se permitirá en ningún caso el empleo de productos derivados del petróleo.

Para evitar el enfriamiento superficial de la mezcla, deberá protegerse durante el transporte mediante lonas u otros cobertores adecuados. En el momento de descargarla en la extendidora o en el equipo de transferencia, su temperatura no podrá ser inferior a la especificada en la fórmula de trabajo.

6.5.7 Extensión

La extensión comenzará por el borde inferior y se realizará por franjas longitudinales, salvo que el Director de la Obra indique otro procedimiento. La anchura de estas franjas se

fijará de manera que se realice el menor número de juntas posible y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta la anchura de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación, las características de la extendidora y la producción de la central.

En obras sin mantenimiento de la circulación, para carreteras con calzadas separadas con superficies a extender superiores a setenta mil metros cuadrados ($> 70\,000\text{ m}^2$), se realizará la extensión a ancho completo trabajando, si fuera necesario, con dos (2) o más extendidoras ligeramente desfasadas, evitando juntas longitudinales. En los demás casos, después de haber extendido y compactado una franja, se extenderá la siguiente mientras el borde de la primera se encuentre aún caliente y en condiciones de ser compactado; en caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal.

La extendidora se regulará de forma que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin segregaciones ni arrastres, y con un espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los Planos del Proyecto, con las tolerancias establecidas en el epígrafe 6.7.2.

La extensión se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la extendidora a la producción de la central de fabricación, de modo que sea constante y que no se detenga. En caso de parada, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender, en la tolva de la extendidora y debajo de ésta, no baja de la prescrita en la fórmula de trabajo para el inicio de la compactación; de lo contrario, se ejecutará una junta transversal.

En su caso, no podrá procederse a la descarga y extensión de ninguna mezcla con caucho sin que haya transcurrido el tiempo de digestión especificado para la misma en la fórmula de trabajo.

No se admitirá la descarga ni la extensión de mezclas con caucho que lleguen con una temperatura inferior a la indicada en la fórmula de trabajo, ya que el rápido enfriamiento de estas mezclas y su rápida ganancia de viscosidad impedirán su correcta compactación.

6.5.8 Compactación

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Director de la Obra en función de los resultados del tramo de prueba hasta que se alcance la densidad especificada en el epígrafe 6.7.1. Se deberá hacer a la mayor temperatura posible sin rebasar la máxima prescrita en la fórmula de trabajo y sin que se produzca desplazamiento de la mezcla extendida, y se continuará, mientras la mezcla esté en condiciones de ser compactada y su temperatura no sea inferior a la mínima prescrita en la fórmula de trabajo. En cualquier caso, en capas de rodadura el número de pasadas del compactador de rodillos sin vibración será siempre superior a seis (> 6).

En caso de requerir vibración, ésta se realizará con amplitudes bajas, debiéndose comprobar que no se produce una ascensión del ligante que reduzca la textura superficial en capas de rodadura, o que produzca una heterogeneidad en las capas intermedias.

La compactación se realizará longitudinalmente de manera continua y sistemática. Si la extensión de la mezcla bituminosa se realizara por franjas, al compactar una de ellas se

ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado más cercano a la extendidora; los cambios de dirección se realizarán sobre mezcla ya apisonada, y los cambios de sentido se efectuarán con suavidad. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

En mezclas bituminosas fabricadas con adición de caucho, se continuará obligatoriamente el proceso de compactación hasta que la temperatura de la mezcla baje de la mínima establecida en la fórmula de trabajo, aunque se hubiera alcanzado previamente la densidad especificada en el epígrafe 6.7.1, con el fin de mantener la densidad de la tongada hasta que el aumento de viscosidad del betún contrarreste una eventual tendencia del caucho a recuperar su forma.

Se emplearán líquidos antiadherentes o soluciones jabonosa para evitar la adherencia de las mezclas con caucho a los compactadores. Estos productos deberán haber sido previamente aprobados por el Director de la Obra, a la vista de los resultados obtenidos en el tramo de prueba, y no deberán influir negativamente en las características y comportamiento de la capa.

En mezclas con elevado contenido de caucho deberá comprobarse que los compactadores de neumáticos no producen su levantamiento. En dicho caso, se sustituirán por otros dispositivos de compactación que no produzcan este fenómeno.

NOTA: Se recuerda que está terminantemente prohibido el uso de gasoil para la limpieza de herramientas, equipos de transporte o equipos de puesta en obra, por el riesgo que conlleva sobre la calidad de las mezclas bituminosas de todo tipo. Esta misma prohibición es extensible a su uso para evitar la adherencia de mezclas y ligantes a compactadores y ruedas de equipos de obra. El Director de la obra habilitará los sistemas de control necesarios para evitar esta práctica, y adoptará las medidas pertinentes para que no se vuelva a producir, en su caso.

Es recomendable no utilizar agua para lastrar los compactadores de neumáticos, pues aumentan las deformaciones en la superficie de la mezcla. En su lugar pueden emplearse arena o granalla metálica.

6.5.9 Juntas transversales y longitudinales

Cuando sean inevitables, se procurará que las juntas transversales de la capa superpuesta guarden una separación mínima de cinco metros (5 m), y de quince centímetros (15 cm) para las longitudinales. Debe evitarse que estas últimas queden situadas en zonas de rodada.

Al extender franjas longitudinales contiguas, cuando la temperatura de la extendida en primer lugar no sea superior al mínimo fijado en la fórmula de trabajo para terminar la compactación, el borde de esta franja se cortará verticalmente, dejando al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor. Se le aplicará una capa uniforme y ligera de riego de adherencia, según el artículo 531 del PG-3, dejando romper la emulsión suficientemente. En caso necesario, se repetirá el tratamiento para garantizar que la superficie de la junta queda totalmente cubierta. A continuación, se calentará la junta y se

extenderá la siguiente franja contra ella. Este procedimiento se aplicará de manera análoga a la ejecución de juntas transversales.

Es importante comprobar la densidad del borde de la capa para determinar la zona que es necesario cortar y eliminar para conformar la junta longitudinal. Para ello se podrán emplear equipos de alto rendimiento (equipos nucleares o por resistividad). No se admitirán zonas con una densidad inferior en más tres (3) puntos porcentuales a la mínima exigida para la capa.

En el caso de no disponer de datos de perfiles de densidad de la capa, se retirará una franja de la anchura que determine el Director de la Obra, y que estará comprendida entre diez y veinte centímetros (10 cm a 20 cm).

La linealidad del corte se garantizará mediante un premarcado del mismo. Éste se llevará a cabo tan pronto como finalice la compactación y la mezcla mantenga una cierta temperatura, retirándose el producto resultante y dejando una superficie limpia y libre de detritus y polvo antes de aplicar el riego de adherencia.

En el caso de operaciones de rehabilitación, deben extremarse las medidas para garantizar la verticalidad del borde de las juntas (longitudinales y transversales), las operaciones de limpieza del polvo y detritus, sobre todo en la zona inferior del corte, empleando para ello equipos de soplado y/o aspiración. En la superficie de las juntas se aplicará un riego de adherencia con una mayor dotación de ligante residual, capaz de cubrir los áridos sin cobertura de ligante de la zona cortada y de dotar a la zona de elasticidad suficiente para ser capaz de absorber los movimientos de retracción térmica estacional a ambos lados de la junta.

Alternativamente, se podrá garantizar la impermeabilidad y elasticidad de la junta mediante el empleo de masillas bituminosas, bien en forma de perfiles o por extrusión, que se colocarán de acuerdo con las indicaciones del fabricante y previa autorización del Director de la Obra.

Las juntas transversales en capas de rodadura se compactarán transversalmente, disponiendo los apoyos precisos para el rodillo y se distanciarán en más de cinco metros (> 5 m) las juntas transversales de franjas de extensión adyacentes. Para su realización se seguirán los mismos criterios de ejecución descritos anteriormente para las juntas longitudinales.

6.6 TRAMO DE PRUEBA

Antes de iniciarse la puesta en obra de cada tipo de mezcla bituminosa, será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba para comprobar la fórmula de trabajo, la forma de actuación de los equipos de extensión y compactación y, especialmente, el plan de compactación.

A efectos de verificar que la fórmula de trabajo puede cumplir después de la puesta en obra, las prescripciones relativas a la textura superficial y al coeficiente de rozamiento transversal, en capas de rodadura se comprobará expresamente la macrotextura superficial, obtenida mediante el método volumétrico (norma UNE-EN 13036-1) o, alternativamente, la profundidad media de perfil (MPD) (norma UNE-EN ISO 13473-1), que deberá cumplir los valores establecidos en el epígrafe 6.7.4.

El tramo de prueba tendrá una longitud no inferior a la definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y el Director de la Obra determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la obra en construcción.

Se tomarán muestras de la mezcla bituminosa, que se ensayarán para determinar su conformidad con las condiciones especificadas, y se extraerán testigos.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de la Obra decidirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo. En el primer caso, se podrá iniciar la fabricación de la mezcla bituminosa. En el segundo, el Contratista deberá proponer las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en la central de fabricación o sistemas de extendido, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, definirá su forma específica de actuación. En el segundo caso, el Contratista deberá proponer nuevos equipos, o incorporar equipos suplementarios.

Además, durante la ejecución del tramo de prueba se analizará la correspondencia entre los métodos de control de la dosificación del ligante hidrocarbonado y de la densidad in situ establecidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y otros métodos rápidos de control. También se estudiarán el equipo y el método de realización de juntas longitudinales y transversales.

No se podrá proceder a la producción sin que el Director de la Obra haya autorizado el inicio en las condiciones aceptadas después del tramo de prueba.

6.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

6.7.1 Densidad

La densidad alcanzada deberá ser superior al noventa y ocho por ciento (> 98%) de la densidad de referencia obtenida, conforme a lo indicado en el epígrafe 6.9.3.2.1.

6.7.2 Rasante, espesor y anchura

La superficie acabada no deberá diferir de la teórica en más de diez milímetros ($\nless 10$ mm) y el espesor de la capa no deberá ser nunca inferior al previsto para ella en la sección-tipo de los Planos de Proyecto.

En perfiles transversales cada veinte metros (20 m) se comprobará la anchura de extensión, que en ningún caso será inferior a la teórica deducida de la sección-tipo de los Planos de Proyecto.

6.7.3 Regularidad superficial

Para capas de rodadura e intermedia el Índice de Regularidad Internacional (IRI) (norma NLT-330), obtenido de acuerdo a lo indicado en 6.9.4 deberá cumplir los valores de la tabla 6.12.a ó 6.12.b, según corresponda.

TABLA 6.12.a - ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm)
 PARA FIRMES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN (NLT-330)

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	TIPO DE VÍA	
	CALZADA DE AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS	RESTO DE VÍAS
50	< 1.5	< 1.5
80	< 1.8	< 2.0
100	< 2.0	< 2.5

TABLA 6.12.b - ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm)
 PARA FIRMES REHABILITADOS ESTRUCTURALMENTE (NLT-330)

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	TIPO DE VÍA			
	CALZADA DE AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS		RESTO DE VÍAS	
	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

6.7.4 Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento de las capas de rodadura

La superficie de la capa deberá presentar una textura homogénea, uniforme y exenta de segregaciones.

La macrotextura superficial, obtenida mediante el método volumétrico (norma UNE-EN 13036-1) o, alternativamente, por el método de perfiles de superficie (norma UNE-EN ISO 13473-1), y la resistencia al deslizamiento transversal (norma UNE 41201 IN) no deberán ser inferiores a los valores indicados en la tabla 6.13.

Dado el mayor espesor de la película de ligante de las mezclas bituminosas tipo SMA, pudiera darse el caso de que los valores de resistencia al deslizamiento no se alcanzasen transcurrido un (1) mes desde la puesta en servicio de la capa de rodadura, por ello el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá establecer que la comprobación de esta característica se efectúe a otras edades para permitir que el paso del tráfico efectúe una adecuada eliminación de la misma, representativa de las condiciones en servicio.

TABLA 6.13 - VALORES MÍNIMOS DE LA MACROTEXTURA SUPERFICIAL (MTD o MPD) Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO TRANSVERSAL (CRT) DE LAS MEZCLAS PARA CAPAS DE RODADURA

CARACTERÍSTICA		VALOR
MACROTEXTURA SUPERFICIAL (*) (mm)	MTD (UNE-EN 13036-1)	0.9
	MPD (UNE-EN 13473-1) (**)	0.8
RESITENCIA AL DESLIZAMIENTO (UNE 41201 IN) (***) (%)		60

(*) Medida inmediatamente después de la puesta en obra. El método de control debe elegirse desde el principio en base a los resultados obtenidos en el tramo de prueba, siendo alternativos entre sí, y mantenerse a lo largo de toda la obra no siendo posible su cambio sin contar con la aprobación expresa del Director de la Obra.

(**) La medición con equipos manuales que obtienen valores puntuales se realizará de conformidad con lo indicado en el Anexo C de la norma UNE-EN ISO 13473-1.

(***) Medida una vez transcurrido un mes de la puesta en servicio de la capa o en las condiciones especiales que establezca el PPTP.

El Pliego de Prescripciones Técnicas o, en su defecto, el Director de la Obra podrá especificar la adopción de medidas especiales para aumentar la resistencia al deslizamiento de las capas de rodadura preservando la película de ligante, consistentes en la microincrustación de finos en la superficie durante el proceso de compactación.

6.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN

Salvo autorización expresa del Director de la Obra, no se permitirá la puesta en obra de la mezcla bituminosa:

- Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius ($< 5^{\circ}\text{C}$), o a ocho grados Celsius ($< 8^{\circ}\text{C}$) si el espesor de la capa a extender fuera inferior a cinco centímetros ($< 5\text{ cm}$) y con tendencia a disminuir. Con viento intenso, después de heladas, y especialmente sobre tableros de puentes y estructuras, el Director de la Obra podrá aumentar estos límites a la vista de los resultados de compactación obtenidos.
- Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas.

Se podrá abrir a la circulación la capa ejecutada tan pronto alcance una temperatura de sesenta grados Celsius (60°C), evitando las paradas y cambios de dirección sobre la mezcla recién extendida hasta que ésta alcance la temperatura ambiente.

6.9 CONTROL DE CALIDAD

6.9.1 Control de procedencia de los materiales

En el caso de productos que dispongan del marcado CE, según el Reglamento 305/2011, para el control de procedencia de los materiales se deberá realizar la verificación documental consistente en que los valores declarados en la información que acompaña al marcado CE son conformes con las especificaciones establecidas en este artículo y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Si se detectara alguna anomalía durante el transporte, almacenamiento o manipulación de los productos, el Director de la Obra, en el

uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento la realización de comprobaciones y ensayos sobre los materiales suministrados a la obra, con objeto de asegurar las propiedades y la calidad establecidas en este artículo.

En el caso de productos que no tengan la obligación de disponer de marcado CE por no estar incluidos en normas armonizadas, o corresponder con alguna de las excepciones establecidas en el artículo 5 del Reglamento, se deberán llevar a cabo obligatoriamente los ensayos para el control de procedencia que se indican en los epígrafes siguientes.

6.9.1.1 Ligantes hidrocarbonados

Los ligantes deberán cumplir las especificaciones establecidas en el artículo 211 del PG-3.

En el caso de betunes especiales de baja temperatura, no incluidos en el artículo mencionado, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las especificaciones para el control de procedencia del ligante.

6.9.1.2 NFVU

El control de procedencia del NFVU se realizará de acuerdo con lo indicado en el apartado 2 de estas Instrucciones.

6.9.1.3 RA

En el caso de incorporación de RA a las mezclas, el control de procedencia se realizará de acuerdo con lo indicado en el apartado 3 de estas Instrucciones.

6.9.1.4 Áridos

Los áridos deberán disponer del marcado CE con un sistema de evaluación de la conformidad 2+, salvo en el caso de los áridos fabricados en el propio lugar de construcción para su incorporación en la correspondiente obra (artículo 5.b del Reglamento 305/2011).

En el primer caso, el control de procedencia se podrá llevar a cabo mediante la verificación documental consistente en que los valores declarados en la información que acompaña al marcado CE son conformes con las especificaciones establecidas en este artículo y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Si se detectara alguna anomalía durante su transporte, almacenamiento o manipulación, el Director de la Obra, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento, la realización de comprobaciones y ensayos, con objeto de asegurar sus propiedades y la calidad establecida en este artículo.

En el caso de los áridos fabricados en el propio lugar de construcción para su incorporación en la correspondiente obra, de cada procedencia y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán muestras (norma UNE-EN 932-1) y para cada una de ellas se determinará:

- El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso (norma UNE-EN 1097-2).
- El coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso (norma UNE-EN 1097-8) para capas de rodadura.
- La densidad relativa y absorción del árido grueso y del árido fino (norma UNE-EN 1097-6).
- La granulometría de cada fracción (norma UNE-EN 933-1).
- El equivalente de arena (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) y, en su caso, el índice de azul de metileno (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9).
- La proporción de caras de fractura de las partículas del árido grueso (norma UNE-EN 933-5).
- Limpieza del árido grueso, conforme a lo indicado en el epígrafe 6.2.5.2.7.
- El índice de lajas del árido grueso (norma UNE-EN 933-3).

Estos ensayos se repetirán durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, no pudiéndose utilizar el material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación del Director de la Obra.

6.9.1.5 Polvo mineral

El control de procedencia del polvo mineral de aportación se podrá llevar a cabo mediante la verificación documental consistente en que los valores declarados en la información que acompaña al marcado CE son conformes con las especificaciones establecidas en este artículo y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Si se detectara alguna anomalía durante su transporte, almacenamiento o manipulación, el Director de la Obra, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento, la realización de comprobaciones y ensayos, con objeto de asegurar sus propiedades y la calidad establecida en este artículo.

En el caso de emplearse el procedente de los áridos, de cada procedencia del polvo mineral, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y con ellas se determinará la densidad aparente (Anexo A de la norma UNE-EN 1097-3) y la granulometría (norma UNE-EN 933-10).

6.9.1.6 Aditivos

Los aditivos estabilizantes en forma de fibras orgánicas o minerales deberán estar en posesión de una evaluación técnica de la idoneidad de empleo en la que se indiquen, entre otras, sus características, forma de uso, limitaciones de empleo, en su caso, y se establezca su idoneidad para ser empleadas como aditivo estabilizante en mezclas bituminosas en caliente.

6.9.2 Control de calidad de los materiales

6.9.2.1 Ligantes hidrocarbonados

Los ligantes deberán cumplir las especificaciones establecidas en el artículo 211 del PG-3, según corresponda.

En el caso de betunes especiales de baja temperatura, no incluidos en los artículos mencionados, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá especificaciones para el control de calidad del ligante.

6.9.2.2 **NFVU**

El control de calidad del NFVU se realizará de acuerdo con lo indicado en el apartado 2 de estas Instrucciones.

6.9.2.3 **RA**

En el caso de incorporación de RA a las mezclas, el control de calidad se realizará de acuerdo con lo indicado en el apartado 3 de estas Instrucciones.

6.9.2.4 **Áridos**

Se examinará la descarga en el acopio desechando los materiales que a simple vista presenten materias extrañas o tamaños superiores al máximo aceptado en la fórmula de trabajo. Se acopiarán aparte aquéllos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lascas, plasticidad, etc., hasta la decisión de su aceptación o rechazo. Se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores y de los accesos.

Para los áridos que tengan marcado CE, la comprobación de las siguientes propiedades podrá llevarse a cabo mediante la verificación documental consistente en que los valores declarados que acompañan al marcado CE son conformes con las especificaciones establecidas en este artículo y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Si se detectara alguna anomalía durante su transporte, almacenamiento o manipulación, el Director de la Obra, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento la realización de comprobaciones y ensayos, con objeto de asegurar sus propiedades y la calidad establecida en este artículo.

En los materiales que no tengan marcado CE se deberán hacer obligatoriamente las siguientes comprobaciones.

Con cada fracción de árido que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

Con la misma frecuencia de ensayo que la indicada en la tabla 6.14:

- Análisis granulométrico de cada fracción (norma UNE-EN 933-1).
- Equivalente de arena (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) del árido combinado (incluido el polvo mineral) de acuerdo con la fórmula de trabajo y, en su caso, el índice de azul de metileno (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9).

Al menos una (1) vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia:

- Índice de lascas del árido grueso (norma UNE-EN 933-3).
- Proporción de caras de fractura de las partículas del árido grueso (norma UNE-EN 933-5).

- Limpieza del árido grueso, conforma a lo indicado en el epígrafe 6.2.5.2.7.

Al menos una (1) vez al mes, o cuando se cambie de procedencia:

- Coeficiente de Los Ángeles del árido grueso (norma UNE-EN 1097-2).
- Coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso para capas de rodadura (norma UNE-EN 1097-8).
- Densidad relativa del árido grueso y del árido fino (norma UNE-EN 1097-6).
- Absorción del árido grueso y del árido fino (norma UNE-EN 1097-6).

6.9.2.5 Polvo mineral

Las propiedades del polvo mineral de aportación se comprobarán mediante la verificación documental de la información que acompaña al marcado CE. Si se detectara alguna anomalía durante su transporte, almacenamiento o manipulación, el Director de la Obra, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento la realización de comprobaciones y ensayos, con objeto de asegurar sus propiedades y la calidad establecida.

Para el polvo mineral procedente de los áridos se realizarán los siguientes ensayos:

Al menos una (1) vez al día, o cuando cambie de procedencia:

- Densidad aparente (Anexo A de la norma UNE-EN 1097-3).

Al menos una (1) vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia:

- Análisis granulométrico del polvo mineral (norma UNE-EN 933-10).

6.9.3 Control de ejecución

Dada su importancia, se llevará un registro de los controles de temperatura de la mezcla efectuados en el momento de su fabricación, llegada al tajo de obra, extensión y compactación. Los equipos empleados para ello y la frecuencia de medida serán establecidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, empleándose en su defecto los criterios recogidos en la norma UNE 41265-1 IN.

6.9.3.1 Fabricación

Las mezclas bituminosas deberán disponer del marcado CE con un sistema de evaluación de la conformidad 2+ (salvo en el caso de las excepciones citadas en el artículo 5 del Reglamento 305/2011), por lo que su idoneidad se podrá comprobar mediante la verificación documental consistente en que los valores declarados en la información que acompaña al marcado CE son conformes con las especificaciones establecidas en este artículo y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Controles sobre la mezcla de áridos:

Estos controles se efectuarán sobre las mezclas bituminosas que no dispongan de marcado CE. No serán obligatorios para las mezclas bituminosas en posesión de marcado CE, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de la Obra, en el uso de sus atribuciones.

Se tomará diariamente un mínimo de dos (2) muestras (norma UNE-EN 932-1), una por la mañana y otra por la tarde, de la mezcla de áridos en frío antes de su entrada en el secador, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico del árido combinado (norma UNE-EN 933-1).
- Equivalente de arena (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) para la fracción 0/4 del árido combinado y, en su caso, el índice de azul de metileno (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9) para la fracción 0/0,125mm del árido combinado.

En centrales de mezcla continua se calibrará diariamente el flujo de la cinta suministradora de áridos, deteniéndola cargada de áridos, y recogiendo y pesando el material existente en una longitud elegida.

Se tomará diariamente al menos una (1) muestra de la mezcla de áridos en caliente y se determinará su granulometría (norma UNE-EN 933-1), que cumplirá las tolerancias indicadas en este epígrafe. Se verificará la precisión de las básculas de dosificación y el correcto funcionamiento de los indicadores de temperatura de los áridos y del ligante hidrocarbonado al menos una (1) vez por semana.

Controles a la salida del mezclador o silo de almacenamiento, sobre cada elemento de transporte:

Estos controles se realizarán sobre todas las mezclas bituminosas, con o sin marcado CE, tomando muestras a la descarga del mezclador y realizando los ensayos correspondientes.

- Control del aspecto de la mezcla y medición de su temperatura. Se rechazarán todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas y aquellas cuya envuelta no sea homogénea. La humedad de la mezcla no deberá ser superior en general al cinco por mil ($\neq$ 5‰) en masa del total. En mezclas semicalientes este límite se podrá ampliar hasta el uno y medio por ciento ($\neq$ 1,5%).
- Se tomarán muestras de la mezcla fabricada con la frecuencia de ensayo indicada en la tabla 6.14 en función del nivel de conformidad (NCF) definido en el Anexo A de la norma UNE-EN 13108-21, determinado por el método del valor medio de cuatro (4) resultados, y según el nivel de control asociado a la categoría de tráfico pesado. Sobre estas muestras se determinará la dosificación de ligante (norma UNE-EN 12697-1) y la granulometría de los áridos extraídos (norma UNE-EN 12697-2).

TABLA 6.14 FRECUENCIA MÍNIMA DE ENSAYO PARA DETERMINACIÓN DE GRANULOMETRÍA DE ÁRIDOS EXTRAÍDOS Y CONTENIDO DE LIGANTE EN CAPAS DE RODADURA E INTERMEDIA
(toneladas/ensayo)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	NIVEL DE CONTROL	NCF A	NCF B	NCF C
T00 a T2	X	600	300	150
T3 a T4	Y	1000	500	250

Las tolerancias admisibles respecto de la granulometría de la fórmula de trabajo, referidas a la masa total de áridos (incluido el polvo mineral), serán las siguientes:

- Tamices superiores al 2 mm de la norma UNE EN 933-2: cuatro por ciento ($\pm 4\%$).
- Tamiz 2 mm de la norma UNE EN 933-2: tres por ciento ($\pm 3\%$).
- Tamices comprendidos entre el 2 mm y el 0,063 mm de la norma UNE EN 933-2: dos por ciento ($\pm 2\%$).
- Tamiz 0,063 mm de la norma UNE EN 933-2: uno por ciento ($\pm 1\%$).

La tolerancia admisible respecto de la dotación de ligante hidrocarbonado de la fórmula de trabajo, será del tres por mil ($\pm 3\%$) en masa del total de mezcla bituminosa (incluido el polvo mineral), sin bajar del mínimo especificado en la tabla 6.9, según el tipo de mezcla que se trate.

Controles adicionales sobre las características de las mezclas:

En el caso de mezclas que dispongan de marcado CE, además de la comprobación documental, el Director de la Obra, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento la realización de comprobaciones o ensayos que considere oportunos. En ese supuesto, deberá seguirse lo indicado en los párrafos siguientes.

En el caso de mezclas que no dispongan de marcado CE, para las categorías de tráfico pesado T00 a T31 se deberán llevar a cabo al menos una (1) vez al mes, o con menor frecuencia si así lo aprueba el Director de la Obra, los ensayos adicionales de las características de la mezcla que se indican a continuación, con las mismas probetas y condiciones de ensayo que las establecidas en el epígrafe 544.5.1:

- Resistencia a las deformaciones plásticas mediante el ensayo de pista de laboratorio (norma UNE-EN 12697-22).
- Resistencia conservada a tracción indirecta tras inmersión (método A norma UNE-EN 12697-12).
- Esguerramiento del ligante (norma UNE-EN 12697-18).

En todos los casos, se determinará la resistencia conservada a tracción indirecta tras inmersión (método A norma UNE-EN 12697-12) cuando se cambien el suministro o la procedencia, o cuando el Director de la Obras lo considere oportuno para asegurar alguna característica relacionada con la adhesividad y cohesión de la mezcla.

6.9.3.2 Puesta en obra

6.9.3.2.1 Extensión

Antes de verter la mezcla del elemento de transporte en la tolva de la extendidora o en el equipo de transferencia, se comprobará su aspecto y se medirá su temperatura, así como la temperatura ambiente para tener en cuenta las limitaciones que se fijan en el apartado 6.8.

Se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del epígrafe 6.9.4.

Para cada uno de los lotes se debe determinar la densidad de referencia para la compactación procediendo de la siguiente manera:

- Al menos una (1) vez por lote se tomarán muestras y se preparará un juego de tres (3) probetas. Sobre ellas se obtendrá el valor medio del contenido de huecos (norma UNE-EN 12697-8), y la densidad aparente (norma UNE-EN 12697-6), con el método de ensayo indicado en el Anexo B de la norma UNE-EN 13108-20.

Estas probetas se prepararán según la norma UNE-EN 12697-30, aplicando cincuenta (50) golpes por cara.

En la preparación de las probetas se cuidará especialmente que se cumpla la temperatura de compactación fijada en la fórmula de trabajo, según el ligante empleado. La toma de muestras para la preparación de estas probetas podrá hacerse, a juicio del Director de la Obra, en la carga o en la descarga de los elementos de transporte a obra pero, en cualquier caso, se evitará recalentar la muestra para la fabricación de las probetas.

- La densidad de referencia para la compactación de cada lote se define como la media aritmética de las densidades aparentes obtenidas en dicho lote y en cada uno de los tres (3) anteriores.

Al menos en un veinte por ciento (20 %) de los lotes se tomarán muestras sobre las que se realizarán ensayos de comprobación de la dosificación de ligante (norma UNE-EN 12697-1), y de la granulometría de los áridos extraídos (norma UNE-EN 12697-2). A la vista de los resultados, el Director de la Obra podrá aumentar o disminuir la frecuencia de muestreo.

Se comprobará, con la frecuencia que establezca el Director de la Obra, el espesor extendido mediante un punzón graduado.

6.9.3.2.2 Compactación

Se comprobará la composición y forma de actuación del equipo de compactación, verificando:

- Que el número y tipo de compactadores son los aprobados.
- El funcionamiento de los dispositivos de humectación, limpieza y protección.

- El lastre, y peso total de los compactadores.
- El número de pasadas de cada compactador.

Al terminar la compactación se medirá la temperatura en la superficie de la capa, con objeto de comprobar que se está dentro del rango fijado en la fórmula de trabajo.

6.9.4 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 tres (3) criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

De cada lote se extraerán testigos en puntos aleatoriamente situados, en número no inferior a tres (≥ 3), y sobre ellos se determinará su densidad aparente (norma UNE-EN 12697-6) y espesor, considerando las condiciones de ensayo que figuran en el Anexo B de UNE-EN 13108-20. Sobre estos testigos se llevará a cabo también la comprobación de la adherencia entre capas (norma NLT-382, dispositivo B), a la que hace referencia el artículo 531 del PG-3. En el caso de capas de espesor inferior a tres centímetros (< 3 cm) se podrá emplear el dispositivo A de la norma NLT-382 para realizar esta comprobación.

Se controlará la regularidad superficial, en tramos de mil metros de longitud (1 000 m), a partir de las veinticuatro horas (24 h) de su ejecución mediante la determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) (norma NLT-330), calculando un solo valor del IRI para cada hectómetro (hm) del perfil auscultado, que se asignará a dicho hectómetro (hm), y así sucesivamente hasta completar el tramo medido que deberá cumplir lo especificado en el epígrafe 6.7.3 En el caso de que un mismo tramo se ausculte más de un perfil longitudinal (rodada derecha e izquierda), las prescripciones

Sobre el valor del IRI establecidos en el epígrafe 6.7.3 se deberán verificar independientemente en cada uno de los perfiles auscultados en cada rodada. La comprobación de la regularidad superficial de toda la longitud de la obra, en capas de rodadura, tendrá lugar antes de la puesta en servicio.

En capas de rodadura se controlará además diariamente la medida de la macrotextura superficial. En el caso de emplearse el método volumétrico (norma UNE-EN 13036-1) la comprobación se realizará en tres (3) puntos del lote aleatoriamente elegidos. En el caso de emplearse el método de determinación de la profundidad media de perfil, se seguirá el procedimiento descrito en el Anexo C de la norma UNE-EN ISO 13473-1 sobre una posición transversal elegida al azar.

Se comprobará la resistencia al deslizamiento de las capas de rodadura de toda la longitud de la obra (norma UNE 41201 IN) una vez transcurrido un (1) mes de la puesta en servicio de la capa. Si no cumpliera, se repetirá la medición en el plazo indicado para ello en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, que no será inferior a tres (≥ 3) meses ni superior a doce (≤ 12) meses.

6.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Los criterios de aceptación o rechazo de la unidad terminada se aplicarán sobre los lotes definidos en el epígrafe 6.9.4, según lo indicado a continuación.

6.10.1 Densidad

La densidad media obtenida en el lote no podrá ser inferior a la especificada en el epígrafe 6.7.1. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si es superior o igual al noventa y cinco por ciento ($\geq 95\%$) de la densidad de referencia, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%) a la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado.
- Si es inferior al noventa y cinco por ciento ($< 95\%$) de la densidad de referencia, se demolerá mediante fresado la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado, y se repondrá con un material aceptado por el Director de la Obra, por cuenta del Contratista. El producto resultante de la demolición será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente, o empleado como indique el Director de la Obra, a cargo del Contratista.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un ($\neq 1$) individuo de la muestra ensayada del lote presente un valor inferior al prescrito en más de dos (2) puntos porcentuales. De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se tomarán testigos de cada uno de ellos, aplicándose los criterios descritos en este epígrafe.

6.10.2 Espesor

El espesor medio por lote no deberá ser en ningún caso inferior al especificado en el epígrafe 6.7.2. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

Para capas intermedias:

- Si es superior o igual al noventa por ciento ($\geq 90\%$) y no existieran zonas de posible acumulación de agua, se aceptará la capa con una penalización económica del diez por ciento (10%).
- Si es inferior al noventa por ciento ($< 90\%$), se rechazará la capa correspondiente al lote controlado, debiendo el Contratista por su cuenta demolerla mediante fresado y reponerla con un material aceptado por el Director de la Obra, o extender de nuevo otra capa similar sobre la rechazada, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

Para capas de rodadura:

- Si es inferior al especificado, se rechazará la capa debiendo el Contratista por su cuenta demolerla mediante fresado y reponerla con un material aceptado por el Director de la Obra, o extender de nuevo otra capa similar sobre la rechazada, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un (≥ 1) individuo de la muestra ensayada del lote presente un resultado inferior al noventa por ciento ($< 90\%$) del espesor especificado. De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se tomarán testigos de cada uno de ellos, aplicándose los criterios descritos en este epígrafe.

6.10.3 Rasante

Para capas intermedias:

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los Planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas. Si se rebasaran dichas tolerancias, se procederá de la siguiente manera:

- Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto, el Director de la Obra podrá aceptar la rasante siempre que se compense la merma producida con el espesor adicional necesario de la capa superior en toda la anchura de la sección tipo, por cuenta del Contratista, de acuerdo con lo especificado en el epígrafe anterior.
- Cuando la tolerancia sea rebasada por exceso, se corregirá mediante fresado por cuenta del Contratista, siempre que no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en los Planos del proyecto. El producto resultante será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente.

6.10.4 Regularidad superficial

Si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden los límites establecidos en el epígrafe 6.4.7.3, se procederá de la siguiente forma:

Para capas de rodadura:

- Se demolerá el lote mediante fresado y se extenderá una nueva capa por cuenta del Contratista. El producto resultante será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente.

Para capas intermedias:

- Si es en menos del diez por ciento ($< 10\%$) de la longitud del tramo controlado se corregirán los defectos de regularidad superficial mediante microfresado por cuenta del Contratista. La localización de dichos defectos se hará sobre los perfiles longitudinales obtenidos en la auscultación para la determinación de la regularidad superficial.
- Si es igual o en más del diez por ciento ($\geq 10\%$) de la longitud del tramo controlado se extenderá una nueva capa de mezcla bituminosa con el espesor que determine el Director de la Obra por cuenta del Contratista. En obras de rehabilitación en las que exista una limitación en el espesor total del firme, se procederá a la corrección de los defectos superficiales mediante microfresado antes de la extensión de la nueva capa.

Si los resultados de la regularidad superficial de la capa de rodadura en tramos uniformes y continuos, con longitudes superiores a dos kilómetros (> 2 km), mejoran los límites establecidos en el epígrafe 6.7.3, y cumplen los valores de la tabla 6.15.a ó 6.15.b, según corresponda, se podrá incrementar el abono de mezcla bituminosa según lo indicado en el apartado 6.11.

TABLA 6.15.a - ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm) PARA FIRMES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN, CON POSIBILIDAD DE ABONO ADICIONAL

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	TIPO DE VÍA	
	CALZADA DE AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS	RESTO DE VÍAS
50	< 1.0	< 1.0
80	< 1.2	< 1.5
100	< 1.5	< 2.0

TABLA 6.15.b - ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm) PARA FIRMES REHABILITADOS ESTRUCTURALMENTE, CON POSIBILIDAD DE ABONO ADICIONAL

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	TIPO DE VÍAS		
	CALZADA DE AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS		RESTO DE VÍAS
	ESPESOR DE RECRECIMIENTO (cm)		
	> 10	≤ 10	
50	< 1.0	< 1.0	< 1.0
80	< 1.2	< 1.5	< 1.5
100	< 1.5	< 1.8	< 2.0

6.10.5 Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento

6.10.5.1 Macrotextura superficial de las capas de rodadura

El resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial no deberá resultar inferior al valor especificado en la tabla 6.13 Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si es superior o igual al noventa por ciento ($\geq 90\%$), se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).
- Si es inferior al noventa por ciento ($< 90\%$) del valor previsto se rechazará la capa. El Contratista, a su cuenta, deberá demolerla mediante microfresado y reponerla con un material aceptado por el Director de la Obra, o extender de nuevo otra capa similar sobre la rechazada, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un ($\neq 1$) individuo de la muestra ensayada presente un resultado individual inferior a dicho valor en más del veinticinco por ciento (> 25%). De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se realizarán ensayos, según el epígrafe 6.7.4.

6.10.5.2 Resistencia al deslizamiento de las capas de rodadura

En capas de rodadura el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento no deberá ser en ningún caso inferior al valor previsto en la tabla 6.13.

Si transcurrido un (1) mes desde la puesta en servicio de la capa de rodadura el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento no cumpliera el valor indicado en la tabla 6.13 se procederá de la siguiente forma:

- Si resulta superior al noventa y cinco por ciento (> 95%) se repetirá la medición una vez transcurridos tres (3) meses desde la última medición, o en el plazo previsto, en su caso, por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. o Si el resultado medio ha mejorado, se aceptará el lote.
 - o Si el resultado medio sigue siendo el mismo, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).
 - o Si el resultado medio ha empeorado se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se calculará para cada una de ellas el resultado medio de la resistencia al deslizamiento y se aplicarán los criterios anteriores, pudiendo resultar que una de las partes tenga que volver a dividirse. En aquel sub-lote en el que las dos partes arrojen resultados inferiores al noventa y cinco por ciento (< 95%) del valor previsto se rechazará la capa correspondiente al sub-lote controlado, debiendo el Contratista por su cuenta demolerla mediante fresado y reponerla con un material aceptado por el Director de la Obra, o extender de nuevo otra capa similar sobre la rechazada, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras. El producto resultante, en su caso, será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente.
- Si resulta inferior al noventa y cinco por ciento (< 95%) pero superior al noventa por ciento (> 90%) se repetirá la medición una vez transcurridos tres (3) meses desde la última medición, o en el plazo previsto, en su caso, por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y se aplicarán los siguientes criterios:
 - o Si resulta superior al noventa y cinco por ciento (> 95%), se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).
 - o Si resulta inferior al noventa y cinco por ciento (< 95%) del valor previsto se rechazará la capa correspondiente al sub-lote controlado, debiendo el Contratista por su cuenta demolerla mediante fresado y reponerla con un material aceptado por el Director de la Obra, o extender de nuevo otra capa similar sobre la rechazada, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras. El producto resultante, en su caso, será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un cinco por ciento ($\geq 5\%$) de la longitud total medida, presente un resultado inferior a dicho valor en más de diez unidades (> 10). De no cumplirse esta condición se medirá de nuevo para contrastar el cumplimiento de este epígrafe.

6.11 MEDICIÓN Y ABONO

La preparación de la superficie existente se considerará incluida en la unidad de obra correspondiente a la construcción de la capa inferior y, por tanto, no habrá lugar a su abono por separado. Únicamente cuando dicha capa se haya realizado mediante otro contrato se podrá abonar la comprobación y, en su caso, reparación de la superficie existente por metros cuadrados (m^2) realmente ejecutados.

La fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas tipo SMA se abonará por toneladas (t), según su tipo, obtenidas multiplicando las dimensiones señaladas para cada capa en los Planos del Proyecto por los espesores y densidades medios deducidos de los ensayos de control de cada lote. En dicho abono se considerará incluido el de los áridos y el del polvo mineral. No serán de abono los sobreanchos laterales, ni los aumentos de espesor por corrección de mermas en capas subyacentes.

Para áridos con peso específico superior a tres gramos por centímetro cúbico ($>3 g/cm^3$), el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá establecer, también, el abono por unidad de superficie (m^2), con la fijación de unos umbrales de dotaciones o espesores, de acuerdo con lo indicado en este artículo.

El ligante hidrocarbonado empleado se abonará por toneladas (t), obtenidas multiplicando la medición correspondiente de mezclas bituminosas puestas en obra, por el porcentaje (%) medio de ligante deducido de los ensayos de control de cada lote. Se considerará incluido en dicho precio, y por tanto no será de objeto de abono independiente, el empleo de activantes o aditivos al ligante.

El polvo mineral de aportación y las adiciones a la mezcla bituminosa (como, por ejemplo, los aditivos estabilizantes), sólo se abonarán si lo previera explícitamente el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y el Cuadro de Precios del Proyecto. Su abono se hará por toneladas (t), obtenidas multiplicando la medición correspondiente de mezclas bituminosas puesta en obra por su dotación media en las mismas.

Para las categorías de tráfico pesado T00 a T2, si el árido grueso empleado para capas de rodadura, además de cumplir todas y cada una de las prescripciones especificadas en el epígrafe 6.2.5.2 de este artículo, tuviera un valor del coeficiente de pulimento acelerado (norma UNE-EN 1097-8), superior en cuatro (> 4) puntos al valor mínimo especificado en este artículo para la categoría de tráfico pesado que corresponda, se abonará además una unidad de obra definida como metro cuadrado (m^2) o en su caso tonelada (t), de incremento de calidad de áridos en capa de rodadura. El precio de esta unidad de obra no será superior al diez por ciento ($\neq 10\%$) del correspondiente al del metro cuadrado (m^2) o en su caso tonelada (t), de mezcla bituminosa para dicha capa de rodadura. Será condición necesaria para su abono que esta unidad de obra estuviera explícitamente incluida en los Cuadros de Precios y el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y su medición prevista en el Presupuesto del Proyecto.

Si los resultados de la regularidad superficial de la capa de rodadura mejorasen los valores especificados en este artículo, de acuerdo con los criterios del epígrafe 6.10.4, se abonará además una unidad de obra definida como metro cuadrado (m^2) de incremento de calidad de regularidad superficial en capa de rodadura. El precio de esta unidad de obra no será superior al cinco por ciento ($\neq 5\%$) del correspondiente al del metro cuadrado (m^2) o en su caso tonelada (t), de mezcla bituminosa para dicha capa de rodadura. Será condición necesaria para su abono que esta unidad de obra estuviera explícitamente

incluida en los Cuadros de Precios y el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y su medición prevista en el Presupuesto del Proyecto

7 MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO AC

Las prescripciones para el diseño, fabricación y puesta en obra de las mezclas tipo AC se han fundamentado en:

- Lo indicado en el artículo 542 del PG-3.
- La obligación de cumplir alguno de los requisitos recogidos en estas Instrucciones para que las mezclas adquieran la categoría de sostenibles.

De acuerdo con los criterios de estas Instrucciones Generales, las mezclas AC definidas en este apartado deberán cumplir con al menos una de las siguientes condiciones:

- Incorporar en su fabricación NFVU, en las proporciones indicadas en los siguientes apartados.
- Incorporar en su fabricación RA, en las proporciones indicadas en los siguientes apartados.
- Rebajar la temperatura de trabajo por lo menos 40 °C respecto a las mezclas de caliente.

Las mezclas AC en estas Instrucciones serán colocadas en las capas intermedia y/o base.

No están recogidas las mezclas de alto módulo.

7.1 DEFINICIÓN

Se define como mezcla bituminosa tipo hormigón bituminoso la combinación de un betún asfáltico, áridos con granulometría continua, polvo mineral y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del árido queden recubiertas por una película homogénea de ligante, cuyo proceso de fabricación y puesta en obra deben realizarse a una temperatura muy superior a la del ambiente.

En función de la temperatura necesaria para su fabricación y puesta en obra las mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso se clasifican en calientes y semicalientes. En estas últimas, el empleo de betunes especiales, aditivos u otros procedimientos, permite disminuir la temperatura mínima de mezclado en al menos cuarenta grados Celsius (40 °C) respecto a la mezcla equivalente, pudiendo emplearse en las mismas condiciones y capas que aquéllas en las categorías de tráfico pesado T1 a T4.

La ejecución de cualquiera de los tipos de mezclas bituminosas definidas anteriormente incluye las siguientes operaciones:

- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Fabricación de acuerdo con la fórmula de trabajo
- Transporte al lugar de empleo.
- Preparación de la superficie que va a recibir la mezcla.
- Extensión y compactación de la mezcla.

7.2 MATERIALES

7.2.1 Consideraciones generales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Reglamento 305/2011 de 9 de marzo de 2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen las condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción. Para los productos con marcado CE, el fabricante asumirá la responsabilidad sobre la conformidad de los mismos con las prestaciones declaradas, de acuerdo con el artículo 11 del mencionado Reglamento. Los productos que tengan el marcado CE deberán ir acompañados, además de dicho marcado, de la Declaración de Prestaciones, y de las instrucciones e información de seguridad del producto. Por su parte, el Contratista deberá verificar que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE permitan deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas en el Proyecto o, en su defecto, en estas Instrucciones, debiendo adoptar, en el caso de que existan indicios de incumplimiento de las especificaciones declaradas, todas aquellas medidas que considere oportunas para garantizar la idoneidad del producto suministrado a la obra.

Independientemente de lo anterior, se estará además en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, de producción, almacenamiento, gestión y transporte de productos de la construcción, de residuos de construcción y demolición, y de suelos contaminados.

7.2.2 Ligantes hidrocarbonados

Para estas Instrucciones el ligante empleado en las mezclas AC será betún de penetración, preferentemente el 50/70, así como el 70/100 para mezclas con altas dotación de RA, que deberán cumplir las especificaciones del artículo 211 del PG- 3, a

Estas mezclas cumplirán lo dispuesto en el apartado 10.4 del Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos 2016-2022, aprobado por Acuerdo de Consejo de Ministros de 6 de noviembre de 2015, de fomentar el uso de polvo de caucho procedente de neumáticos al final de su vida útil en la fabricación de mezclas bituminosas para pavimentos de carreteras, promoviendo el establecimiento de porcentajes mínimos de uso. De acuerdo con ello

- Las AC para capas intermedia y/o base podrán ser mezclas mejoradas, modificadas y de alta viscosidad con caucho, por lo que:
 - o La modificación del ligante se conseguirá con la dotación de un mínimo de un 6% de NFVU sobre el total del ligante empleado.

La incorporación del NFVU será por vía semihúmeda, aunque también se podrá utilizar la vía húmeda en el caso de las mezclas modificadas y de alta viscosidad.

En el caso de que se requiera incorporar RA, se actuará de acuerdo con lo indicado en el apartado 3 de estas Instrucciones

En el caso de que se requiera reducir la temperatura de fabricación, extendido y compactación, se actuará de acuerdo con lo indicado en el apartado 4 de estas Instrucciones

7.2.3 NFVU

7.2.3.1 Definición

Se define como polvo de caucho para su aplicación en obras de pavimentación a las partículas de tamaño no superior a ocho décimas de milímetro ($\nless 0,8$ mm) obtenidas del proceso de granulación y molienda de neumáticos al final de su vida útil (NFVU), compuestas por una mezcla de caucho natural y cauchos sintéticos, tras haber procedido a la retirada de sus componentes ferromagnéticos, textiles y contaminantes.

El polvo de caucho puede incorporar aditivos que mejoren su empleo, denominándose polvo de caucho aditivado, o haber sido sometido a procesos de tratamiento para modificar sus propiedades, obteniéndose lo que se denomina polvo de caucho pretratado.

7.2.3.2 Características

Las características químicas y físicas del NFVU son las definidas en el apartado 2 de estas Instrucciones.

7.2.4 RA

7.2.4.1 Definición

Se define como material bituminoso a reciclar (RA), el procedente de la disgregación de capas de mezclas bituminosas (rodadura, intermedia o base), obtenido mediante fresado o demolición, eventual trituración y posterior tratamiento y clasificación. Este material debe estar compuesto por áridos de buena calidad y granulometría continua, cubiertos por betún asfáltico envejecido.

La fabricación de una mezcla bituminosa, incorporando RA en central, incluye las siguientes operaciones:

- Acopio del RA procedente de firmes o pavimentos bituminosos envejecidos.
- Tratamiento del RA (eventual trituración, eliminación de elementos metálicos contaminantes y clasificación por capas, tamaño, aplicación, etc.).
- Caracterización y acopio del RA tratado.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo, con la adaptación de todos los materiales de aportación (áridos, ligante, etc.) a las características del árido y ligante procedente del RA.

7.2.4.2 Características

Las características del RA son las definidas en el apartado 3 de estas Instrucciones.

7.2.4.3 **Proporció RA en las mezclas AC**

Podrá emplearse RA, según las proporciones y criterios que se indican a continuación:

- En proporción inferior o igual al veinte por ciento ($\leq 20\%$) de la masa total de la mezcla, empleando centrales de fabricación que cumplan las especificaciones del epígrafe 7.4.2 y siguiendo lo establecido en el epígrafe 7.5.4 de este artículo.
- En proporciones superiores al veinte por ciento ($> 20\%$), y hasta el sesenta por ciento (60%), de la masa total de la mezcla, siguiendo las especificaciones establecidas en el apartado 3 de estas Instrucciones Generales.

7.2.5 **Mezclas semicalientes**

En el caso de optar por rebajar las temperaturas de trabajo (fabricación y puesta en obra) de las mezclas bituminosas se actuará de acuerdo con lo indicado en el apartado 4 de estas Instrucciones.

7.2.6 **Áridos**

7.2.6.1 **Características generales**

Los áridos a emplear en las mezclas bituminosas podrán ser de origen natural, artificial o reciclado siempre que cumplan las especificaciones recogidas en este artículo. Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas en frío

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá exigir propiedades o especificaciones adicionales cuando se vayan a emplear áridos cuya naturaleza o procedencia así lo requiriese.

Antes de pasar por el secador de la central de fabricación, el equivalente de arena (SE_4) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8), para la fracción 0/4mm del árido combinado (incluido el polvo mineral), de acuerdo con las proporciones fijadas en la fórmula de trabajo, deberá ser superior a cincuenta y cinco ($SE_4 > 55$) o, en caso de no cumplirse esta condición, su valor de azul de metileno (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9) para la fracción 0/0,125mm del árido combinado, deberá ser inferior a siete gramos por kilogramo ($MB_F < 7 \text{ g/kg}$) y, simultáneamente, el equivalente de arena (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) deberá ser superior a cuarenta y cinco ($SE_4 > 45$).

Los áridos no serán susceptibles a ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo. Se debe garantizar tanto la durabilidad a largo plazo, como que no originen con el agua, disoluciones que puedan causar daños a estructuras u otras capas del firme, o contaminar corrientes de agua. Por ello, en materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, deberá hacerse un estudio especial sobre su aptitud para ser empleado, que deberá ser aprobado por el Director de las Obras.

En el caso de que se emplee árido procedente del fresado o de la trituración de capas de mezcla bituminosa, se determinará la granulometría del árido recuperado (norma UNE-EN 12697-2) que se empleará en el estudio de la fórmula de trabajo. El tamaño máximo de las partículas vendrá fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, debiendo pasar la totalidad por el tamiz 40 mm de la norma UNE-EN 933-2. En ningún caso se admitirán áridos procedentes del fresado de mezclas bituminosas que presenten deformaciones plásticas (roderas).

El árido obtenido del material fresado de mezclas bituminosas, cumplirá las especificaciones de los epígrafes 7.2.6.2, 7.2.6.3 o 7.2.6.4, en función de su granulometría (norma UNE-EN 12697-2).

7.2.6.2 Árido grueso

7.2.6.2.1 Definición

A efectos de aplicación de este artículo, se define como árido grueso la parte del árido total retenida en el tamiz 2 mm (norma UNE-EN 933-2).

7.2.6.2.2 Procedencia para capas de rodadura

Si en el árido grueso se apreciaran partículas meteorizadas o con distinto grado de alteración, su proporción en masa no será nunca superior al cinco por ciento (5%). El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras podrán establecer un valor inferior al indicado.

7.2.6.2.3 Angulosidad (Porcentaje de caras de fractura)

La proporción de partículas total y parcialmente trituradas del árido grueso (norma UNE-EN 933-5) deberá cumplir lo fijado en la tabla 7.1.a

TABLA 7.1.a - PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TOTAL Y PARCIALMENTE TRITURADAS (% en masa)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00	T0 y T1	T2	T3 y ARCENES	T4
INTERMEDIA	100			≥ 90	≥ 70 (*)
BASE	100		≥ 90	≥ 70	

(*) En vías de servicio

Adicionalmente, la proporción de partículas totalmente redondeadas del árido grueso (norma UNE-EN 933-5) deberá cumplir lo fijado en la tabla 7.1.b.

TABLA 7.1.b - PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TOTALMENTE REDONDEADAS (% en masa)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00	T0 y T1	T2	T3 y ARCENES	T4
INTERMEDIA	0			≤ 1	≤ 10 (*)
BASE	0		≤ 1	≤ 10	

(*) En vías de servicio

7.2.6.2.4 Forma (Índice de lajas)

El índice de lajas (FI) de las distintas fracciones del árido grueso (norma UNE-EN 933-3) deberá cumplir lo fijado en la tabla 7.2

TABLA 7.2 - ÍNDICE DE LAJAS (FI)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
T00	T00	T00	T00
≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20

7.2.6.2.5 Resistencia a la fragmentación (coeficiente de Los Ángeles)

El coeficiente de Los Ángeles (LA) del árido grueso (norma UNE-EN 1097-2) deberá cumplir lo fijado en la tabla 7.3.

TABLA 7.3 - COEFICIENTE DE LOS ÁNGELES (LA)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00	T1	T2	T3 y ARCENES	T4
INTERMEDIA	≤ 25				≤ 25 (*)
BASE	≤ 25		≤ 30		

(*) En vías de servicio

7.2.6.2.6 Limpieza (contenido de impurezas)

El árido grueso deberá estar exento de todo tipo de materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa. El contenido de finos (norma UNE-EN 933-1) determinado como el porcentaje que pasa por el tamiz 0,063 mm, será inferior al cinco por mil (< 5‰) en masa.

En el caso de que no se cumplan las prescripciones establecidas respecto a la limpieza del árido grueso, el Director de las Obras podrá exigir su lavado, aspiración u otros métodos previamente aprobados, y una nueva comprobación

7.2.6.3 **Árido fino**

7.2.6.3.1 **Definición**

A efectos de aplicación de este artículo, se define como árido fino la parte del árido total cernida por el tamiz 2 mm y retenida por el tamiz 0,063 mm (norma UNE-EN 933-2).

7.2.6.3.2 **Procedencia**

En general, el árido fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o grava natural. Únicamente en categorías de tráfico pesado T3 y T4 y arcenes, se podrá emplear en parte arena natural no triturada, y en ese caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, deberá señalar la proporción máxima en la mezcla, la cual no será superior al diez por ciento (10%) de la masa total del árido combinado, ni superar en ningún caso, el porcentaje de árido fino triturado.

7.2.6.3.3 **Limpieza**

El árido fino deberá estar exento de todo tipo de materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

7.2.6.3.4 **Resistencia a la fragmentación**

El material que se triture para obtener árido fino deberá cumplir las condiciones exigidas al árido grueso en el epígrafe 7.2.6.2.5 sobre el coeficiente de Los Ángeles (LA). Se podrá emplear árido fino de otra naturaleza que mejore alguna característica, en especial la adhesividad, pero en cualquier caso procederá de árido grueso con coeficiente de Los Ángeles inferior a veinticinco ($LA < 25$) para capas intermedias y a treinta ($LA < 30$) para capas de base.

7.2.6.4 **Polvo mineral**

7.2.6.4.1 **Definición**

Se define como polvo mineral el árido cuya mayor parte pasa por el tamiz 0,063 mm (norma UNE-EN 933-2).

7.2.6.4.2 **Procedencia**

El polvo mineral podrá ser un producto comercial o especialmente preparado, en cuyo caso se denomina de aportación. También podrá proceder de los propios áridos, en cuyo caso deberá separarse de ellos el existente en exceso, por medio de los preceptivos sistemas de extracción de la central de fabricación.

La proporción del polvo mineral de aportación a emplear en la mezcla deberá cumplir lo fijado en la tabla 7.4. El Director de las Obras podrá modificar la proporción mínima de éste únicamente en el caso de que se comprobase que el polvo mineral procedente de los áridos cumple las condiciones exigidas.

TABLA 7.4 - PROPORCIÓN DE POLVO MINERAL DE APORTACIÓN (% en masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitablemente adherido a los áridos)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00	T0 y T1	T2	T3 y ARCENES	T4
INTERMEDIA	100		≥ 50		
BASE	100	≥ 50			

Si el polvo mineral de los áridos fuese susceptible de contaminación o degradación, deberá extraerse en su totalidad, salvo el que quede inevitablemente adherido a los áridos tras su paso por el secador, que en ningún caso podrá rebasar el dos por ciento (< 2%) de la masa de la mezcla.

7.2.6.4.3 Granulometría

La granulometría del polvo mineral se determinará según la norma UNE-EN 933-10. El cien por ciento (100%) de los resultados de análisis granulométricos quedarán dentro del huso granulométrico general definido en la tabla 7.5.

Adicionalmente, el noventa por ciento (90%) de los resultados de análisis granulométricos basados en los últimos veinte (20) valores obtenidos, quedarán incluidos dentro de un huso granulométrico restringido, cuya amplitud máxima en los tamices correspondientes a 0,125 y 0,063 mm no superará el diez por ciento (< 10%).

TABLA 7.5.- ESPECIFICACIONES PARA LA GRANULOMETRÍA

ABERTURA DEL TAMIZ (mm)	HUSO GRANULOMÉTRICO GENERAL PARA RESULTADOS INDIVIDUALES CERNIDO ACUMULADO (% en masa)	AMPLITUD MÁXIMA DEL HUSO RESTRINGIDO (% en masa)
2	100	
0.125	85 a 100	10
0.083	70 a 100	10

7.2.6.4.4 Finura y actividad

La densidad aparente del polvo mineral (Anexo A de la norma UNE-EN 1097-3) deberá estar comprendida entre cinco y ocho décimas de gramo por centímetro cúbico (0,5 a 0,8 g/cm³).

7.2.6.4.5 Aditivos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará los aditivos que pueden utilizarse, estableciendo las especificaciones que tendrán que cumplir tanto el aditivo como las mezclas bituminosas resultantes. Los métodos de incorporación, dosificación y dispersión homogénea del aditivo deberán ser aprobados por el Director de las Obras.

7.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

La designación de las mezclas bituminosas, según la nomenclatura establecida en la norma UNE-EN 13108-1, se complementará con información sobre el tipo de granulometría que corresponda a la mezcla, con el fin de poder diferenciar mezclas con el mismo tamaño máximo de árido, pero con husos granulométricos diferentes. Para ello, a la designación establecida en la norma UNE-EN 13108-1 se añadirá la letra D, S o G después de la indicación del tipo de ligante, según se trate de una mezcla densa, semidensa o gruesa, respectivamente.

La designación de las mezclas bituminosas seguirá, por lo tanto, el esquema siguiente:

AC	D	Bin/base	Ligante	granulometría
----	---	----------	---------	---------------

donde:

AC	indicación relativa a que la mezcla es de tipo hormigón bituminoso.
D	tamaño máximo del árido, expresado como la abertura del tamiz que deja pasar entre un noventa y un cien por ciento (90% y 100%) del total del árido.
bin/base	abreviaturas relativas al tipo de capa de empleo de la mezcla intermedia o base, respectivamente.
ligante	tipo de ligante hidrocarbonado utilizado.
granulometría	designación mediante las letras D, S o G del tipo de granulometría correspondiente a una mezcla densa (D), semidensa (S) o gruesa (G), respectivamente.

Cuando la mezcla bituminosa incorpore NFVU:

- Se añadirá la letra C a AC, y el tipo de mezcla en función de la dotación de polvo de caucho: mejorada/modificada/alta viscosidad

Cuando la mezcla bituminosa incorpore RA:

- Se añadirá la letra R y dos dígitos que indiquen la proporción de RA empleado en la mezcla.

NOTA: Una mezcla del tipo hormigón bituminoso con una dotación de caucho del 6% al 12% (mejorada), de granulometría semidensa, con un tamaño máximo de árido de 22 mm para capa intermedia y fabricada con un betún asfáltico de penetración 50/70 se designaría como:

ACC mejorada 22 bin 50/70 S

Si además incorporara un 20% de RA:

ACC mejorada 22 bin 50/70 S R20

Cuando la mezcla bituminosa sea semicaliente, se añadirá esta palabra al final de la designación de la mezcla.

La granulometría del árido obtenido combinando las distintas fracciones de los áridos (incluido el polvo mineral), deberá estar comprendida dentro de alguno de los husos fijados en la tabla 7.6, según el tipo de mezcla. El análisis granulométrico se hará conforme a la norma UNE-EN 933-1.

TABLA 7.6 - HUSOS GRANULOMÉTRICOS CERNIDO ACUMULADO (% en masa)

TIPO DE MEZCLA (*)		ABERTURA DE OS TAMICES. NORMA UNE-EN 933-2 (% en masa)									
		45	32	22	16	8	4	2	0.500	0.250	0.063
DENSE	AC16D	-	-	100	90-100	64-79	44-59	31-46	16-27	11-20	4-8
	AC22D		100	90-100	73-88	55-70		31-46	16-27	11-20	4-8
SEMIDENSE	AC16S	-		100	90-100	60-75	35-50	24-38	11-21	7-15	3-7
	AC22S		100	90-100	70-88	50-66		24-38	11-21	7-15	3-7
	AC32S	100	90-100		68-82	48-63		24-38	11-21	7-15	3-7
GRUESA	AC22G	-	100	90-100	65-86	40-60		18-32	7-18	4-12	2-5
	AC32G	100	90-100		58-76	35-54		18-32	7-18	4-12	2-5

(*) A efectos de esta tabla, para designar el tipo de mezcla, se incluye sólo la parte de la nomenclatura que se refiere expresamente al huso granulométrico (se omite por tanto la indicación de la capa del firme y del tipo de betón).

El tipo de mezcla bituminosa a emplear en función del tipo y del espesor de la capa del firme, se definirá en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, de acuerdo con la tabla 7.7.

TABLA 7.7 - TIPO DE MEZCLA EN FUNCIÓN DEL TIPO Y ESPESOR DE LA CAPA

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	ESPESOR (cm)
	DENOMINACIÓN NORMA UNE-EN 13108-1 (*)	
INTERMEDIA	AC22 bin D AC22bin S AC32bin S	5-10
BASE	AC32base S AC22base G AC32base G	7-15
ARCENES (**)	AC16surf D	4-6

(*) Se ha omitido en la denominación de la mezcla la indicación del tipo de ligante por no ser relevante a efectos de esta tabla.

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

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará la dotación mínima de ligante hidrocarbonado de la mezcla bituminosa que, en cualquier caso, deberá cumplir lo indicado en la tabla 7.8, según el tipo de mezcla y de capa.

TABLA 7.8 - DOTACIÓN MÍNIMA (*) DE LIGANTE HIDROCARBONADO (% en masa sobre el total de la mezcla bituminosa, incluido el polvo mineral)

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	DOTACIÓN MÍNIMA (%)
INTERMEDIA	Densa y semidensa	4.00
BASE	Semidensa y gruesa	4.00

(*) Incluidas las tolerancias especificadas en el epígrafe 7.9.3.1. Si son necesarias, se tendrán en cuenta las correcciones por peso específico y absorción de los áridos.

En el caso de que la densidad de los áridos (norma UNE-EN 1097-6), sea diferente de dos gramos y sesenta y cinco centésimas de gramo por centímetro cúbico (2,65 g/cm³), los contenidos mínimos de ligante de la tabla 7.8 se deberán corregir multiplicando por el factor

$$\alpha = 2.65/pd$$

donde *pd* es la densidad de las partículas de árido.

Salvo justificación en contrario, la relación ponderal recomendable entre los contenidos de polvo mineral y ligante hidrocarbonado de las mezclas densas, semidensas y gruesas para las categorías de tráfico pesado T00 a T2, en función del tipo de capa y de la zona térmica estival, se fijará de acuerdo con las indicadas en la tabla 7.9.

TABLA 7.9 RELACIÓN PONDERAL (*) RECOMENDABLE DE POLVO MINERAL-LIGANTE EN MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2

TIPO DE CAPA	ZONA TÉRMICA ESTIVAL	
	CÁLIDA Y MEDIA	TEMPLADA
INTERMEDIA	1.1	1.0
BASE	1.0	0.9

(*) Relación entre el porcentaje de polvo mineral y el de ligante expresados ambos respecto de la masa total del árido seco, incluido el polvo mineral

7.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

7.4.1 Consideraciones generales

Cuando sea necesario aplicar un tratamiento antiadherente sobre los equipos de fabricación, transporte, extendido o compactación, éste consistirá en general en una solución jabonosa, un agente tensoactivo u otros productos sancionados por la

experiencia, que garanticen que no son perjudiciales para la mezcla bituminosa, ni para el medioambiente, debiendo ser aprobados por el Director de las Obras.

No se permitirá en ningún caso el empleo de productos derivados de la destilación del petróleo. No se podrá utilizar en la ejecución de una mezcla bituminosa ningún equipo que no haya sido previamente empleado en el tramo de prueba y aprobado por el Director de las Obras.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

7.4.2 Central de fabricación

Lo dispuesto en este epígrafe se entenderá sin perjuicio de lo establecido en la norma UNE-EN 13108-1 para el mercado CE.

Las mezclas bituminosas se fabricarán por medio de centrales capaces de manejar simultáneamente en frío el número de fracciones del árido que exija la fórmula de trabajo adoptada. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares señalará la producción horaria mínima de la central, en función de las características y necesidades mínimas de consumo de la obra.

El número mínimo de tolvas para áridos en frío será función del número de fracciones de árido que exija la fórmula de trabajo adoptada, pero en todo caso no será inferior a cuatro (4).

En centrales de mezcla continua con tambor secador-mezclador, el sistema de dosificación será ponderal, al menos para la arena y para el conjunto de los áridos, y tendrá en cuenta la humedad de éstos, para corregir la dosificación en función de ella. En los demás tipos de central para la fabricación de mezclas para las categorías de tráfico pesado T00 a T2 también será preceptivo disponer de sistemas ponderales de dosificación en frío.

La central tendrá sistemas separados de almacenamiento y dosificación del polvo mineral recuperado y de aportación, los cuales serán independientes de los correspondientes al resto de los áridos, y estarán protegidos de la humedad.

Las centrales cuyo secador no sea a la vez mezclador estarán provistas de un sistema de clasificación de los áridos en caliente (de capacidad acorde con su producción) en un número de fracciones no inferior a tres (>3), y de silos para almacenarlos.

Las centrales de mezcla discontinua estarán provistas en cualquier circunstancia de dosificadores ponderales independientes: al menos uno (1) para los áridos calientes, cuya precisión sea superior al cinco por mil ($\pm 5 \text{ ‰}$), y al menos uno (1) para el polvo mineral y uno (1) para el ligante hidrocarbonado, cuya precisión sea superior al tres por mil ($\pm 3 \text{ ‰}$).

Si se previera la incorporación de aditivos a la mezcla, la central deberá poder dosificarlos con homogeneidad y precisión suficiente, a juicio del Director de las Obras.

Si la central estuviera dotada de tolvas de almacenamiento de las mezclas fabricadas, deberá garantizar que en las cuarenta y ocho horas (48 h) siguientes a la fabricación, el material acopiado no ha perdido ninguna de sus características, en especial la homogeneidad del conjunto y las propiedades del ligante.

Cuando se vayan a emplear áridos procedentes del fresado o trituración de capas de mezclas bituminosas la central de fabricación (de funcionamiento continuo o discontinuo) dispondrá de, al menos, dos tolvas adicionales para el material bituminoso a reciclar tratado, y será capaz de incorporarlo durante el proceso de mezcla sin afección negativa a los materiales constituyentes, en especial, al ligante bituminoso de aportación. Si la proporción de RA es superior al veinte por ciento (> 20 %) de la masa total de la mezcla, la central de fabricación dispondrá de los elementos necesarios para que se cumplan los requisitos y especificaciones recogidas en el apartado 3 de estas Instrucciones.

7.4.3 Elementos de transporte

La mezcla bituminosa se transportará al lugar de empleo en camiones de caja abierta, lisa y estanca, perfectamente limpia, y que se tratará, para evitar que la mezcla se adhiera a ella. Dichos camiones deberán estar siempre provistos de una lona o cobertor adecuado para proteger la mezcla bituminosa durante su transporte.

La forma y altura de la caja de los camiones deberá ser tal que, durante el vertido en la extendidora, cuando éstas no dispongan de elementos de transferencia de carga, el camión sólo toque a aquélla a través de los rodillos previstos al efecto.

Los medios de transporte deberán estar adaptados, en todo momento, al ritmo de ejecución de la obra teniendo en cuenta la capacidad de producción de la central de fabricación y del equipo de extensión y la distancia entre ésta y la zona de extensión.

7.4.4 Equipo de extensión

Las extendedoras serán autopropulsadas, y estarán dotadas de los dispositivos necesarios para la puesta en obra de la mezcla bituminosa con la geometría y producción deseadas, y un mínimo de precompactación que será fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de las Obras. La capacidad de sus elementos, así como la potencia, serán adecuadas para el tipo de trabajo que deban desarrollar.

La extendidora deberá estar dotada de un dispositivo automático de nivelación y de un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal cuando sea precisa.

Se comprobará, en su caso, que los ajustes del enrasador y de la maestra se atienen a las tolerancias mecánicas especificadas por el fabricante, y que dichos ajustes no han sido afectados por el desgaste u otras causas.

Para las categorías de tráfico pesado T00 a T2 o con superficies a extender en calzada superiores a setenta mil metros cuadrados (> 70 000 m²), será preceptivo disponer delante de la extendidora un equipo de transferencia autopropulsado, que esencialmente colabore a garantizar la homogeneización granulométrica y permita, además, la uniformidad térmica y de las características superficiales.

La anchura mínima y máxima de extensión se definirá en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de las Obras. Si a la extendidora se acoplan piezas para aumentar su anchura, éstas deberán quedar perfectamente alineadas con las originales.

7.4.5 Equipo de compactación

Se podrán utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibrantes, de neumáticos o mixtos. La composición mínima del equipo será un (1) compactador vibratorio de rodillos metálicos o mixto, y un (1) compactador de neumáticos y será aprobada por el Director de las Obras a la vista de los resultados del tramo de prueba.

Todos los tipos de compactadores deberán ser autopropulsados, tener inversores de sentido de marcha de acción suave y estar dotados de dispositivos para la limpieza de sus llantas o neumáticos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario. Los compactadores de llantas metálicas no presentarán surcos ni irregularidades en ellas.

Los compactadores vibratorios tendrán dispositivos automáticos para eliminar la vibración al invertir el sentido de su marcha. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras y traseras, y faldones de lona protectores contra el enfriamiento de los neumáticos.

Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos tipos de compactadores serán las necesarias para conseguir la densidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, sin producir roturas del árido, ni arrollamientos de la mezcla a la temperatura de compactación, y serán aprobadas por el Director de las Obras a la vista de los resultados del tramo de prueba.

7.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

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

7.5.1.1 Principios generales

La fabricación y puesta en obra de la mezcla no se iniciará hasta que se haya aprobado por el Director de las Obras la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en laboratorio y verificada en la central de fabricación.

Dicha fórmula fijará como mínimo las siguientes características:

- Identificación y proporción de cada fracción del árido en la alimentación y, en su caso, después de su clasificación en caliente.
- Granulometría de los áridos combinados, incluido el polvo mineral, por los tamices 45 mm; 32 mm; 22 mm; 16 mm; 8 mm; 4 mm; 2 mm; 0,500 mm; 0,250 mm y 0,063 mm de la norma UNE-EN 933-2 que correspondan para cada tipo de mezcla según la tabla 7.6, expresada en porcentaje del árido total con una

aproximación del uno por ciento (1%), con excepción del tamiz 0,063 mm que se expresará con aproximación del uno por mil (1 ‰).

- Dosificación, en su caso, de polvo mineral de aportación, expresada en porcentaje del árido total con aproximación del uno por mil (1 ‰).
- Dosificación, en su caso, de polvo mineral de recuperación expresada en porcentaje del árido total con aproximación del uno por mil (1 ‰).
- Tipo y características del ligante hidrocarbonado.
- Dosificación de ligante hidrocarbonado referida a la masa de la mezcla total (incluido el polvo mineral) y la de aditivos al ligante, referida a la masa del ligante hidrocarbonado.
- En su caso, tipo y dotación de las adiciones a la mezcla bituminosa, referida a la masa de la mezcla total.

También se señalarán:

- Los tiempos a exigir para la mezcla de los áridos en seco y para la mezcla de los áridos con el ligante.
- Las temperaturas máxima y mínima de calentamiento previo de áridos y ligante. En ningún caso se introducirá en el mezclador árido a una temperatura superior a la del ligante en más de quince grados Celsius (15 °C).
- La temperatura de mezclado con betunes asfálticos se fijará dentro del rango correspondiente a una viscosidad dinámica del betún (norma UNE-EN 13302), de ciento cincuenta a trescientos centipoises (150-300 cP). Además, en el caso de betunes especiales para mezclas semicalientes, en la temperatura de mezclado se tendrá en cuenta el rango recomendado por el fabricante. El Director de las Obras podrá solicitar la curva de viscosidad del betún en función de la temperatura.
- La temperatura mínima de la mezcla en la descarga desde los elementos de transporte y a la salida de la extendidora, que no será inferior a ciento treinta grados Celsius (< 130°C), salvo en mezclas semicalientes o justificación en contrario.
- La temperatura máxima de la mezcla al iniciar la compactación y la mínima al terminarla.
- En el caso de que se empleen adiciones se incluirán las prescripciones necesarias sobre su forma de incorporación y tiempo de mezclado.

En el caso de incorporación de NFVU la fórmula de trabajo deberá indicar:

- La proporción de NFVU respecto a la masa total de ligante, que deberá cumplir los mínimos exigidos para el tipo de mezcla proyectada:
 - o Mejorada
 - o Modificada
 - o Modificada de alta viscosidad.
- La proporción de NFVU respecto a la masa total de mezcla

En el caso de incorporación de RA la fórmula de trabajo deberá indicar:

- La proporción de RA respecto a la masa total mezcla.

Salvo justificación en contrario, por viscosidad del ligante o condiciones climáticas adversas, la temperatura máxima de la mezcla en caliente al salir del mezclador no será superior a ciento sesenta y cinco grados Celsius ($\nless 165$ °C), salvo en centrales de tambor

secador-mezclador, en las que no excederá de los ciento cincuenta grados Celsius (≥ 150 °C). Para mezclas bituminosas de alto módulo dicha temperatura máxima podrá aumentarse en diez grados Celsius (10 °C).

En mezclas semicalientes la temperatura máxima al salir del mezclador no será superior a ciento cuarenta grados Celsius (≥ 140 °C). En todos los casos, la temperatura mínima de la mezcla al salir del mezclador será aprobada por el Director de las Obras, de forma que la temperatura de la mezcla en la descarga de los camiones sea superior al mínimo fijado.

La dosificación de ligante hidrocarbonado en la fórmula de trabajo se fijará teniendo en cuenta los materiales disponibles, la experiencia obtenida en casos análogos y verificando que la mezcla obtenida en la central de fabricación cumple los criterios establecidos en estas Instrucciones.

El Contratista deberá entregar al Director de las Obras para su aceptación, las características de la mezcla respecto de las siguientes propiedades:

- Contenido de huecos (epígrafe 7.5.1.2.), y densidad aparente asociada a ese valor.
- Resistencia a la deformación permanente (epígrafe 7.5.1.3.).
- Sensibilidad al agua (epígrafe 7.5.1.4.).

El suministrador del ligante deberá indicar la temperatura de referencia para la compactación de las probetas y para la fabricación, extendido y compactación de la mezcla.

En el caso de categorías de tráfico pesado T00 a T2, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá exigir un estudio de sensibilidad de las propiedades de la mezcla a variaciones de granulometría y dosificación de ligante hidrocarbonado que no excedan de las admitidas en el epígrafe 7.9.3.1.

Se estudiará y aprobará una nueva fórmula si varía la procedencia de alguno de los componentes, o si durante la producción se rebasan las tolerancias granulométricas establecidas en este artículo.

El Director de las Obras podrá exigir la corrección de la fórmula de trabajo, con objeto de mejorar la calidad de la mezcla, para lo que se realizará un nuevo estudio y los ensayos oportunos.

7.5.1.2 Contenido de huecos

El contenido de huecos, determinado según el método de ensayo de la norma UNE-EN 12697-8, indicado en el Anexo B de la norma UNE-EN 13108-20, deberá cumplir lo establecido en la tabla 7.10.

La determinación del contenido de huecos en cualquier tipo de mezclas con tamaño nominal D inferior o igual a veintidós milímetros ($D \leq 22$ mm), se hará sobre probetas compactadas (norma UNE-EN 12697-30), aplicando setenta y cinco (75) golpes por cara. En mezclas con tamaño nominal D superior a veintidós milímetros ($D > 22$ mm), la determinación de huecos se efectuará sobre probetas preparadas bien por compactación

vibratoria (norma UNE-EN 12697-32), o bien por compactación giratoria (norma UNE-EN 12697-31). Se determinará la energía de compactación necesaria para que las probetas preparadas tengan la misma densidad que las obtenidas por impactos (norma UNE-EN 12697-30), aplicando setenta y cinco (75) golpes por cara y en las que se haya sustituido el material retenido en el tamiz 22 mm por una cantidad igual de material comprendido entre los tamices 16 mm y 22 mm (norma UNE-EN 933-2).

La determinación del contenido de huecos en mezclas semicalientes podrá hacerse sobre probetas preparadas por compactación giratoria (norma UNE-EN 12697-31), a la temperatura de compactación prevista en obra. Para ello se compactarán hasta el número de giros que permitan obtener una densidad geométrica idéntica a la que se obtiene en probetas compactadas (norma UNE-EN 12697-30), aplicando setenta y cinco (75) golpes por cara, en una mezcla en caliente de idénticas características con la excepción del tipo de ligante que deberá ser un betún asfáltico, modificado con polímeros en su caso, del mismo grado que el ligante que se desee emplear en la mezcla semicaliente. Los valores se considerarán válidos siempre que el número máximo de giros necesario para alcanzar dicha densidad geométrica sea de ciento sesenta (160) para mezclas tipo AC32 y AC22 con molde de diámetro interior de 150 mm, o de cien (100) giros para mezcla tipo AC16 con molde de diámetro interior de 100 mm.

TABLA 7.10 – CONTENIDO DE HUECOS EN MEZCLA (NORMA UNE-EN 12697-8) EN PROBETAS (NORMA UNE-EN 12697-30, 75 golpes por cara) (**)

CARACTERÍSTICAS		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
		T00 y T0	T1 y T2	T3 y ARCENES	T4
HUECOS EN MEZCLA (%)	CAPA INTERMEDIA	4-6	4-7	4-7	4-7(*)
	CAPA BASE	4-7 (*)	4-8 (*)	4-8	-

(*) En vías de servicio.

(**) Excepto en mezclas con $D > 22\text{mm}$, en las que las probetas se compactarán según lo indicado en el epígrafe 7.5.1.2.

El Director de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá exigir el contenido de huecos en áridos, de acuerdo con el método de ensayo de la norma UNE-EN 12697-8 indicado en el Anexo B de la norma UNE-EN 13108-20, siempre que, por las características de los mismos o por su granulometría combinada, se prevean anomalías en la fórmula de trabajo. En tal caso, el contenido de huecos en áridos, de mezclas con tamaño máximo de dieciséis milímetros ($D = 16\text{ mm}$) deberá ser mayor o igual al quince por ciento ($\geq 15\%$), y en mezclas con tamaño máximo de veintidós o de treinta y dos milímetros ($D = 22\text{ mm}$ o $D = 32\text{ mm}$) deberá ser mayor o igual al catorce por ciento ($\geq 14\%$).

7.5.1.3 Resistencia a la deformación permanente

La resistencia a deformaciones plásticas, determinada mediante el ensayo de pista de laboratorio, deberá cumplir lo establecido en las tablas 7.11.a o 7.11.b. Este ensayo se hará según la norma UNE-EN 12697-22, empleando el dispositivo pequeño, el procedimiento B en aire, a una temperatura de sesenta grados Celsius ($60\text{ }^{\circ}\text{C}$) y con una duración de diez mil (10 000) ciclos. Para la realización de este ensayo, se prepararán probetas con mezcla obtenida en la central de fabricación, mediante compactador de placa con el dispositivo de

rodillo de acero (norma UNE-EN 12697-33), con una densidad superior al noventa y ocho por ciento (> 98%) de la obtenida en probetas cilíndricas preparadas según lo indicado en el epígrafe 7.5.1.2.

TABLA 7.11.a - PENDIENTE MEDIA DE DEFORMACIÓN EN PISTA (WTS_{AIRE}) Y PROFUNDIDAD MEDIA (expresado en %) DE LA RODERA (PRD_{AIRE}) EN EL INTERVALO DE 5 000 A 10 000 CICLOS PARA CAPAS INTERMEDIA. NORMA UNE-EN 12697-22 (mm para 10³ ciclos de carga)

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00 y T0	T1	T2	T3 y ARCENES	T4
CÁLIDA	≤ 0.07		≤ 0.07 (*)	≤ 0.10 (**)	
MEDIA	≤ 0.07	≤ 0.07 (*)	≤ 0.10 (**)	≤ 0.15	
TEMPLADA	≤ 0.10	≤ 0.10 (**)			

(*) Podrá aceptarse valores superiores al indicado si, simultáneamente, se cumple que WTS_{AIRE} ≤ 0,10 y PRD_{AIRE} < 5%.

(**) Podrá aceptarse valores superiores al indicado si, simultáneamente, se cumple que WTS_{AIRE} ≤ 0,15 y PRD_{AIRE} < 5%.

TABLA 7.11.b - PENDIENTE MEDIA DE DEFORMACIÓN EN PISTA (WTS_{AIRE}) Y PROFUNDIDAD MEDIA (expresado en %) DE LA RODERA (PRD_{AIRE}) EN EL INTERVALO DE 5 000 A 10 000 CICLOS PARA CAPAS DE BASE (NORMA UNE-EN 12697-22) (mm para 10³ ciclos de carga)

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
	T00 y T0	T1	T2 y T31
CÁLIDA	≤ 0.07	≤ 0.07 (*)	≤ 0.10 (**)
MEDIA		≤ 0.10 (**)	
TEMPLADA	≤ 0.10 (**)		

(*) Podrá aceptarse valores superiores al indicado si, simultáneamente, se cumple que WTS_{AIRE} ≤ 0,10 y PRD_{AIRE} < 5%.

(**) Podrá aceptarse valores superiores al indicado si, simultáneamente, se cumple que WTS_{AIRE} ≤ 0,15 y PRD_{AIRE} < 5%.

7.5.1.4 Sensibilidad al agua

En cualquier circunstancia se comprobará la adhesividad árido-ligante mediante la caracterización de la acción del agua. Para ello, la resistencia conservada en el ensayo de tracción indirecta tras inmersión, realizado a quince grados Celsius (15 °C) (norma UNE-EN 12697-12), tendrá un valor mínimo del ochenta por ciento (ITSR ≥ 80%) para capas de base e intermedia, y del ochenta y cinco por ciento (ITSR ≥ 85%) para capas de rodadura. En mezclas de tamaño máximo no mayor de veintidós milímetros (D < 22 mm), las probetas para la realización del ensayo se prepararán conforme a la norma UNE-EN 12697-30 con cincuenta (50) golpes por cara. Para mezclas con tamaño máximo superior a veintidós milímetros (D > 22 mm), las probetas se prepararán bien mediante compactación con vibración (norma UNE-EN 12697-32), o bien por compactación giratoria (norma UNE-EN 12697-31). Se determinará la energía de compactación necesaria para que las probetas preparadas tengan la misma densidad que las obtenidas por impactos (norma UNE-EN

12697-30), aplicando cincuenta (50) golpes por cara y en las que se haya sustituido el material retenido en el tamiz 22 mm por una cantidad igual de material comprendido entre los tamices 2 mm y 22 mm (norma UNE-EN 933-2), de manera proporcional al porcentaje en peso que corresponda a cada uno de ellos, una vez eliminada la fracción retenida por el tamiz 22 mm.

Se podrá mejorar la adhesividad entre el árido y el ligante hidrocarbonado mediante activantes directamente incorporados al ligante. En todo caso, la dotación mínima no será inferior a la indicada en la tabla 7.8.

7.5.2 Preparación de la superficie existente

Se comprobará la regularidad superficial y el estado de la superficie sobre la que se vaya a extender la mezcla bituminosa. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, indicará las medidas encaminadas a restablecer una regularidad superficial aceptable y, en su caso, a reparar zonas dañadas.

La regularidad superficial de la superficie existente deberá cumplir, dependiendo de su naturaleza, lo indicado al respecto en este artículo y en los artículos 510 y 513 del PG-3 y sobre ella se ejecutará un riego de imprimación o un riego de adherencia, según corresponda, de acuerdo con los artículos 530 ó 531 del PG-3.

Si la superficie estuviese constituida por un pavimento hidrocarbonado heterogéneo, se deberán, además, eliminar mediante fresado los excesos de ligante y sellar las zonas demasiado permeables, de acuerdo con las instrucciones del Director de las Obras.

Se comprobará especialmente que, transcurrido el plazo de rotura del ligante de los tratamientos aplicados, no quedan restos de agua en la superficie. Además, si ha pasado mucho tiempo desde su aplicación, se verificará que su capacidad de unión con la mezcla bituminosa no ha disminuido en forma perjudicial; en caso contrario, el Director de las Obras podrá ordenar la ejecución de un riego de adherencia adicional.

7.5.3 Aprovisionamiento de áridos

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas en frío. Cada fracción será suficientemente homogénea y se podrá acopiar y manejar sin peligro de segregación.

Para mezclas con tamaño máximo de árido de dieciséis milímetros ($D = 16$ mm) el número mínimo de fracciones será de tres (3); para el resto de las mezclas será de cuatro (4). El Director de las Obras podrá exigir un mayor número de fracciones, si lo estima necesario para cumplir las tolerancias exigidas a la granulometría de la mezcla en el epígrafe 7.9.3.1.

Cada fracción del árido se acopiará separada de las demás, para evitar intercontaminaciones. Los acopios se dispondrán preferiblemente sobre zonas pavimentadas. Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se utilizarán sus quince centímetros (15 cm) inferiores. Los acopios se construirán por tongadas de espesor no superior a un metro y medio ($\neq 1,5$ m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en la producción o suministro de los áridos, se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de un árido, que obligaría siempre al estudio de una nueva fórmula de trabajo cumpliendo el epígrafe 7.5.1.1.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario dicho volumen no será inferior al correspondiente a un (1) mes de trabajo con la producción prevista.

7.5.4 Fabricación de la mezcla

Lo dispuesto en este epígrafe se entenderá sin perjuicio de lo establecido en la norma UNE-EN 13108-1 para el mercado CE.

La carga de cada una de las tolvas de áridos en frío se realizará de forma que su contenido esté siempre comprendido entre el cincuenta y el cien por ciento (50% a 100%) de su capacidad, sin rebosar. Para mezclas densas y semidensas la alimentación del árido fino, aun cuando éste fuera de un único tipo y granulometría, se efectuará dividiendo la carga entre dos (2) tolvas.

Si se utilizase material procedente del fresado o trituración de capas de mezclas bituminosas, en proporción superior al veinte por ciento (> 20%) de la masa total de la mezcla, se procederá como se especifica a continuación:

- En centrales cuyo secador no sea a la vez mezclador, si la alimentación de éste fuera discontinua, para cada amasada, después de haber introducido los áridos, se pesarán e introducirán los áridos procedentes de mezclas bituminosas, y después de un tiempo de disgregación, calentado y mezcla, se agregará el ligante hidrocarbonado, y en su caso los aditivos, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado en la fórmula de trabajo. Si la alimentación fuese continua, los áridos procedentes de mezclas bituminosas se incorporarán junto al resto de los áridos en la zona de pesaje en caliente a la salida del secador.
- En centrales de mezcla continua con tambor secador-mezclador se aportará el material procedente del fresado o trituración de capas de mezclas bituminosas tras la llama, de forma que no exista riesgo de contacto con ella.
- En ningún caso se calentarán los áridos de aportación a más de doscientos veinte grados Celsius (220°C), ni el material bituminoso a reciclar a una temperatura superior a la del ligante de aportación.

A la descarga del mezclador todos los tamaños del árido deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla, y todas sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla al salir del mezclador no excederá de la fijada en la fórmula de trabajo.

En el caso de utilizar adiciones al ligante o a la mezcla se cuidará su correcta dosificación, la distribución homogénea, así como que no pierda sus características iniciales durante todo el proceso de fabricación.

Los gases producidos en el calentamiento de la mezcla se recogerán durante el proceso de fabricación de la mezcla, evitando en todo momento su emisión a la atmósfera. Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental y de seguridad y salud.

7.5.5 Transporte

La mezcla bituminosa se transportará en camiones de la central de fabricación a la extendidora. La caja del camión se tratará previamente con un líquido antiadherente, de acuerdo con lo indicado en el epígrafe 7.4.1. Dicha solución se pulverizará de manera uniforme sobre los laterales y fondo de la caja, utilizando la mínima cantidad para impregnar toda la superficie, y sin que se produzca un exceso de líquido antiadherente, que deberá drenarse en su caso, antes de cargar la mezcla bituminosa. No se permitirá en ningún caso el empleo de productos derivados del petróleo.

Para evitar el enfriamiento superficial de la mezcla, deberá protegerse durante el transporte mediante lonas u otros cobertores adecuados. En el momento de descargarla en la extendidora o en el equipo de transferencia, su temperatura no podrá ser inferior a la especificada en la fórmula de trabajo.

7.5.6 Extensión

La extensión comenzará por el borde inferior y se realizará por franjas longitudinales, salvo que el Director de las Obras indique otro procedimiento. La anchura de estas franjas se fijará de manera que se realice el menor número de juntas posible y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta la anchura de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación, las características de la extendidora y la producción de la central.

En obras sin mantenimiento de la circulación, para carreteras con calzadas separadas con superficies a extender superiores a setenta mil metros cuadrados ($> 70\,000\text{ m}^2$), se realizará la extensión de cualquier capa bituminosa a ancho completo, trabajando si fuera necesario con dos (2) o más extendidoras ligeramente desfasadas, evitando juntas longitudinales. En los demás casos, después de haber extendido y compactado una franja, se extenderá la siguiente mientras el borde de la primera se encuentre aún caliente y en condiciones de ser compactado; en caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal.

La extendidora se regulará de forma que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin segregaciones ni arrastres, y con un espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los Planos del Proyecto, con las tolerancias establecidas en el epígrafe 7.7.2.

La extensión se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la extendidora a la producción de la central de fabricación de modo que sea constante y que no se detenga. En caso de parada, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender, en la tolva de la extendidora y debajo de ésta, no baje de la prescrita en la fórmula de trabajo para el inicio de la compactación; de lo contrario, se ejecutará una junta transversal.

7.5.7 Compactación

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Director de las Obras en función de los resultados del tramo de prueba hasta que se alcance la densidad especificada en el epígrafe 7.7.1. Se deberá hacer a la mayor temperatura posible sin rebasar la máxima prescrita en la fórmula de trabajo y sin que se produzca desplazamiento de la mezcla extendida, y se continuará, mientras la mezcla esté en condiciones de ser compactada y su temperatura no sea inferior a la mínima prescrita en la fórmula de trabajo.

Cuando la mezcla incorpore NFVU, se continuará obligatoriamente el proceso de compactación hasta que la temperatura de la mezcla baje de la mínima establecida en la fórmula de trabajo, aunque se hubiera alcanzado previamente la densidad especificada en el epígrafe 7.7.1, con el fin de mantener la densidad de la tongada hasta que el aumento de viscosidad del betún contrarreste una eventual tendencia del caucho a recuperar su forma.

La compactación se realizará longitudinalmente, de manera continua y sistemática. Si la extensión de la mezcla bituminosa se realizara por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado más cercano a la extendidora; los cambios de dirección se realizarán sobre mezcla ya apisonada, y los cambios de sentido se efectuarán con suavidad. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

7.5.8 Juntas transversales y longitudinales

Cuando sean inevitables, se procurará que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) las transversales, y quince centímetros (15 cm) las longitudinales.

Al extender franjas longitudinales contiguas, si la temperatura de la extendida en primer lugar no fuera superior al mínimo fijado en la fórmula de trabajo para la finalización de la compactación, el borde de esta franja se cortará verticalmente, dejando al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor. Se le aplicará una capa uniforme y ligera de riego de adherencia, de acuerdo con el artículo 531 del PG-3, dejando transcurrir el tiempo necesario para la rotura de la emulsión. A continuación, se calentará la junta y se extenderá la siguiente franja contra ella. Este procedimiento se aplicará de manera análoga a la ejecución de juntas transversales.

7.6 TRAMO DE PRUEBA

Antes de iniciarse la puesta en obra de cada tipo de mezcla bituminosa será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba, para comprobar la fórmula de trabajo, la forma de actuación de los equipos de extensión y compactación, y, especialmente, el plan de compactación.

Durante la ejecución del tramo de prueba se podrá analizar la correspondencia, en su caso, entre el método volumétrico y un texturómetro láser como medio rápido de control.

En ese caso, se elegirán cien metros (100 m) del tramo de prueba, en el que se realizará la medición con el texturómetro láser que se vaya a emplear posteriormente en el control de la obra y se harán al menos cinco (5) determinaciones de la macrotextura (norma UNE-EN 13036-1). La correspondencia obtenida será aplicable exclusivamente para esa obra, con la fórmula de trabajo y el plan de compactación aprobados y con ese equipo concreto de medición.

El tramo de prueba tendrá una longitud no inferior a la definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. El Director de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la obra en construcción.

Se tomarán muestras de la mezcla bituminosa, que se ensayarán para determinar su conformidad con las condiciones especificadas, y se extraerán testigos. A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras decidirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo. En el primer caso, se podrá iniciar la fabricación de la mezcla bituminosa. En el segundo, el Contratista deberá proponer las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en la central de fabricación o sistemas de extensión, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, definirá su forma específica de actuación. En el segundo caso, el Contratista deberá proponer nuevos equipos, o incorporar equipos suplementarios.

Además, durante la ejecución del tramo de prueba se analizará la correspondencia, en su caso, entre los métodos de control de la dosificación del ligante hidrocarbonado y de la densidad in situ establecidos en los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares, y otros métodos rápidos de control.

No se podrá proceder a la producción sin que el Director de las Obras haya autorizado el inicio en las condiciones aceptadas después del tramo de prueba.

7.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

7.7.1 Densidad

La densidad no deberá ser inferior al siguiente porcentaje de la densidad de referencia, obtenida según lo indicado en el epígrafe 7.9.3.2.1:

- Capas de espesor igual o superior a seis centímetros (≥ 6 cm): noventa y ocho por ciento (98%).
- Capas de espesor no superior a seis centímetros (< 6 cm): noventa y siete por ciento (97%).

7.7.2 Rasante, espesor y anchura

La superficie acabada no deberá diferir de la teórica en más de diez milímetros (10 mm) en capas de rodadura e intermedias, ni de quince milímetros (15 mm) en las de base, y su

espesor no deberá ser nunca inferior al previsto para ella en la sección-tipo de los Planos de Proyecto.

En perfiles transversales cada veinte metros (20 m), se comprobará la anchura extendida, que en ningún caso deberá ser inferior a la teórica deducida de la sección-tipo de los Planos de Proyecto.

7.7.3 Regularidad superficial

El Índice de Regularidad Internacional (IRI) (norma NLT-330), obtenido de acuerdo a lo indicado en el epígrafe 7.9.4, deberá cumplir los valores de la tabla 7.12.a o 7.12.b, según corresponda.

TABLA 7.12.a - ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm)
 PARA FIRMES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN (NLT-330)

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	TIPO DE CAPA		
	INTERMEDIA		OTRAS CAPAS BITUMINOSAS
	TIPO DE VÍA		
	CALZADA DE AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS	RESTO DE VÍAS	
50	< 1.5	< 1.5	< 2.0
80	< 1.8	< 2.0	< 2.5
100	< 2.0	< 2.5	< 3.0

TABLA 7.12.b - ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm)
 PARA FIRMES REHABILITADOS ESTRUCTURALMENTE (NLT-330)

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	TIPO DE VÍA			
	CALZADA DE AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS		RESTO DE VÍAS	
	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

7.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN

No se permitirá la puesta en obra de mezclas bituminosas en las siguientes situaciones, salvo autorización expresa del Director de las Obras:

- Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (< 5 °C), salvo si el espesor de la capa a extender fuera inferior a cinco centímetros (< 5 cm), en cuyo caso el límite será de ocho grados Celsius (< 8 °C). Con viento intenso, después de heladas, o en tableros de estructuras, el Director de las Obras podrá aumentar estos límites, a la vista de los resultados de compactación obtenidos.
- Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas.

Terminada la compactación, se podrá abrir a la circulación la capa ejecutada tan pronto alcance la temperatura ambiente en todo su espesor o bien, previa autorización expresa del Director de las Obras, en capas de espesor igual o inferior a diez centímetros (≤ 10 cm) cuando alcance una temperatura de sesenta grados Celsius (60 °C), evitando las paradas y cambios de dirección sobre la mezcla recién extendida hasta que ésta alcance la temperatura ambiente.

7.9 CONTROL DE CALIDAD

7.9.1 Control de procedencia de los materiales

En el caso de productos que dispongan del marcado CE, de acuerdo con el Reglamento 305/2011, para el control de procedencia de los materiales, se llevará a cabo la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE cumplan las especificaciones establecidas en estas Instrucciones. Independientemente de la aceptación de la veracidad de las propiedades referidas en el marcado CE, si se detectara alguna anomalía durante el transporte, almacenamiento o manipulación de los productos, el Director de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento, la realización de comprobaciones y ensayos sobre los materiales suministrados a la obra, al objeto de asegurar las propiedades y la calidad establecidas en este artículo.

En el caso de productos que no tengan la obligación de disponer de marcado CE por no estar incluidos en normas armonizadas, o corresponder con alguna de las excepciones establecidas en el artículo 5 del Reglamento, se deberán llevar a cabo obligatoriamente los ensayos para el control de procedencia que se indican en los epígrafes siguientes.

7.9.1.1 Ligantes hidrocarbonados

Los ligantes deberán cumplir las especificaciones establecidas en el artículo 211 del PG-3.

En el caso de betunes especiales de baja temperatura, no incluidos en el artículo mencionado, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá especificaciones para el control de procedencia del ligante.

7.9.1.2 NFVU

En el caso de incorporación de NFVU a las mezclas, el control de procedencia del NFVU se realizará de acuerdo con lo indicado en el apartado 2 de estas Instrucciones.

7.9.1.3 RA

En el caso de incorporación de RA a las mezclas, el control de procedencia del RA se realizará de acuerdo con lo indicado en el apartado 3 de estas Instrucciones.

7.9.1.4 **Áridos**

Los áridos deberán disponer del marcado CE con un sistema de evaluación de la conformidad 2+, salvo en el caso de los áridos fabricados en el propio lugar de construcción para su incorporación en la correspondiente obra (artículo 5.b del Reglamento 305/2011).

En el primer caso, el control de procedencia se podrá llevar a cabo mediante la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones establecidas en estas Instrucciones.

En el caso de los áridos fabricados en el propio lugar de construcción para su incorporación en la correspondiente obra, de cada procedencia y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán muestras (norma UNE-EN 932-1) y para cada una de ellas se determinará:

- El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso (norma UNE-EN 1097-2).
- La densidad relativa y absorción del árido grueso y del árido fino (norma UNE-EN 1097-6).
- La granulometría de cada fracción (norma UNE-EN 933-1).
- El equivalente de arena (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) y, en su caso, el índice de azul de metileno (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9).
- La proporción de caras de fractura de las partículas del árido grueso (norma UNE-EN 933-5).
- Contenido de finos del árido grueso, conforme a lo indicado en el epígrafe 7.2.6.2.6.
- El índice de lajas del árido grueso (norma UNE-EN 933-3).

Estos ensayos se repetirán durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, no pudiéndose utilizar el material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación del Director de las Obras.

7.9.1.5 **Polvo mineral**

En el caso de polvo mineral de aportación, que sea un producto comercial o especialmente preparado, si dispone de marcado CE, el control de procedencia se podrá llevar a cabo mediante la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE permitan deducir el cumplimiento de las especificaciones establecidas en estas Instrucciones.

En el supuesto de no disponer de marcado CE o de emplearse el procedente de los áridos, de cada procedencia del polvo mineral, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y con ellas se determinará la densidad aparente (Anexo A de la norma UNE-EN 1097-3), y la granulometría (norma UNE-EN 933-10).

7.9.2 Control de calidad de los materiales

7.9.2.1 Ligantes hidrocarbonados

Los ligantes deberán cumplir las especificaciones establecidas en el artículo 211 del PG-3.

En el caso de betunes especiales de baja temperatura, no incluidos en el artículo mencionado, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las especificaciones para el control de calidad del ligante.

7.9.2.2 NFVU

En el caso de incorporación de NFVU a las mezclas, el control de calidad del NFVU se realizará de acuerdo con lo indicado en el apartado 2 de estas Instrucciones.

7.9.2.3 RA

En el caso de incorporación de RA a las mezclas, el control de calidad se realizará de acuerdo con lo indicado en el apartado 3 de estas Instrucciones.

7.9.2.4 Áridos

Se examinará la descarga en el acopio desechando los materiales que a simple vista presenten materias extrañas o tamaños superiores al máximo aceptado en la fórmula de trabajo. Se acopiarán aparte aquéllos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lascas, plasticidad, etc., hasta la decisión de su aceptación o rechazo. Se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores y de los accesos.

Para los áridos que tengan marcado CE, la comprobación de las siguientes propiedades podrá llevarse a cabo mediante la verificación de los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE. No obstante, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras, podrá disponer la realización de las comprobaciones o ensayos adicionales que considere oportunos.

En los materiales que no tengan marcado CE se deberán hacer obligatoriamente las siguientes comprobaciones.

Con cada fracción de árido que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

Con la misma frecuencia de ensayo que la indicada en la tabla 7.13:

- Análisis granulométrico de cada fracción (norma UNE-EN 933-1).
- Equivalente de arena (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8), del árido combinado (incluido el polvo mineral) según la fórmula de trabajo, y, en su caso, el índice de azul de metileno (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9).

Al menos una (1) vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia:

- Índice de lajas del árido grueso (norma UNE-EN 933-3).
- Proporción de caras de fractura de las partículas del árido grueso (norma UNE-EN 933-5).
- Contenido de finos del árido grueso, según lo indicado en el epígrafe 7.2.6.2.6.

Al menos una (1) vez al mes, o cuando se cambie de procedencia:

- Coeficiente de Los Ángeles del árido grueso (norma UNE-EN 1097-2).
- Densidad relativa del árido grueso y del árido fino (norma UNE-EN 1097-6).
- Absorción del árido grueso y del árido fino (norma UNE-EN 1097-6).

7.9.2.5 Polvo mineral

En el caso de polvo mineral de aportación, sobre cada partida que se reciba se realizarán los siguientes ensayos:

- Densidad aparente (Anexo A de la norma UNE-EN 1097-3).
- Análisis granulométrico del polvo mineral (norma UNE-EN 933-10).

Si el polvo mineral de aportación tiene marcado CE, la comprobación de estas dos propiedades podrá llevarse a cabo mediante la verificación documental de los valores declarados. No obstante, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento la realización de comprobaciones o ensayos, si lo considera oportuno, al objeto de asegurar las propiedades y la calidad establecidas en este artículo.

Para el polvo mineral procedente de los áridos se realizarán los siguientes ensayos:

Al menos una (1) vez al día, o cuando cambie de procedencia:

- Densidad aparente (Anexo A de la norma UNE-EN 1097-3).

Al menos una (1) vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia:

- Análisis granulométrico del polvo mineral (norma UNE-EN 933-10).

7.9.3 Control de ejecución

7.9.3.1 Fabricación

Las mezclas bituminosas deberán disponer del marcado CE con un sistema de evaluación de la conformidad 2+ (salvo en el caso de las excepciones citadas en el artículo 5 del Reglamento 305/2011), por lo que su idoneidad se podrá comprobar mediante la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al citado marcado CE permitan deducir el cumplimiento de las especificaciones establecidas en estas Instrucciones.

En el caso de mezclas bituminosas que no dispongan de marcado CE, se aplicarán los siguientes criterios:

Se tomará diariamente un mínimo de dos (2) muestras (norma UNE-EN 932-1), una por la mañana y otra por la tarde, de la mezcla de áridos en frío antes de su entrada en el secador, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico del árido combinado (norma UNE-EN 933-1).
- Equivalente de arena (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) para la fracción 0/4 del árido combinado y, en su caso, el índice de azul de metileno (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9) para la fracción 0/0,125mm del árido combinado.

En centrales de mezcla continua se calibrará diariamente el flujo de la cinta suministradora de áridos, deteniéndola cargada de áridos, y recogiendo y pesando el material existente en una longitud elegida.

Se tomará diariamente al menos una (1) muestra de la mezcla de áridos en caliente, y se determinará su granulometría (norma UNE-EN 933-1), que cumplirá las tolerancias indicadas en este epígrafe. Se verificará la precisión de las básculas de dosificación y el correcto funcionamiento de los indicadores de temperatura de los áridos y del ligante hidrocarbonado, al menos una (1) vez por semana.

Si la mezcla bituminosa dispone de marcado CE, los criterios establecidos en los párrafos precedentes sobre el control de fabricación no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden al Director de las Obras, en el uso de sus atribuciones.

Para todas las mezclas bituminosas, se tomarán muestras a la descarga del mezclador, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

A la salida del mezclador o silo de almacenamiento, sobre cada elemento de transporte:

- Control del aspecto de la mezcla y medición de su temperatura. Se rechazarán todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas y aquellas cuya envuelta no sea homogénea. La humedad de la mezcla no deberá ser superior en general al cinco por mil (< 5‰) en masa del total. En mezclas semicalientes, este límite se podrá ampliar hasta el uno y medio por ciento (< 1,5%).
- Se tomarán muestras de la mezcla fabricada, con la frecuencia de ensayo indicada en la tabla 542.16, en función del nivel de conformidad (NCF) definido en el Anexo A de la norma UNE-EN 13108-21, determinado por el método del valor medio de cuatro (4) resultados, y según el nivel de control asociado a la categoría de tráfico pesado y al tipo de capa. Sobre estas muestras se determinará la dosificación de ligante (norma UNE-EN 12697-1), y la granulometría de los áridos extraídos (norma UNE-EN 12697-2).

TABLA 7.13 FRECUENCIA MÍNIMA DE ENSAYO PARA DETERMINACIÓN DE GRANULOMETRÍA DE ÁRIDOS EXTRAÍDOS Y CONTENIDO DE LIGANTE (toneladas/ensayo)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	TIPO DE CAPA	NIVEL DE CONTROL	NCF A	NCF B	NCF C
T00 a T2	INTERMEDIA	X	600	300	150
	BASE	Y	1000	500	250
T3 a T4	INTERMEDIA y BASE	Y	1000	500	250

Las tolerancias admisibles respecto de la granulometría de la fórmula de trabajo, referidas a la masa total de áridos (incluido el polvo mineral), serán las siguientes:

- Tamices superiores al 2 mm de la norma UNE-EN 933-2: cuatro por ciento ($\pm 4\%$). Tamiz 2 mm de la norma UNE-EN 933-2: tres por ciento ($\pm 3\%$).
- Tamices comprendidos entre el 2 mm y el 0,063 mm de la norma UNE-EN 933-2: dos por ciento ($\pm 2\%$).
- Tamiz 0,063 mm de la norma UNE-EN 933-2: uno por ciento ($\pm 1\%$).

La tolerancia admisible respecto de la dotación de ligante hidrocarbonado de la fórmula de trabajo será del tres por mil ($\pm 3\%$) en masa del total de mezcla bituminosa (incluido el polvo mineral), sin bajar del mínimo especificado en la tabla 7.7, según el tipo de capa y de mezcla que se trate.

En el caso de mezclas que dispongan de marcado CE, además de la verificación documental, el Director de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento la realización de las comprobaciones o ensayos que considere oportunos. En ese supuesto, deberá seguirse lo indicado en los párrafos siguientes.

En el caso de mezclas que no dispongan de marcado CE, para las categorías de tráfico pesado T00 a T31 se deberán llevar a cabo al menos una (1) vez al mes, o con menor frecuencia si así lo aprueba el Director de las Obras, los ensayos adicionales de las características de la mezcla que se indican a continuación, con las mismas probetas y condiciones de ensayo que las establecidas en el epígrafe 7.5.1:

- Resistencia a las deformaciones plásticas mediante el ensayo de pista de laboratorio (norma UNE-EN 12697-22).
- Resistencia conservada a tracción indirecta tras inmersión (norma UNE-EN 12697-12).

En todos los casos, se determinará la resistencia conservada a tracción indirecta tras inmersión (norma UNE-EN 12697-12, cuando se cambien el suministro o la procedencia, o cuando el Director de las Obras lo considere oportuno para asegurar alguna característica relacionada con la adhesividad y cohesión de la mezcla.

7.9.3.2 Puesta en obra

7.9.3.2.1 Extensión

Antes de verter la mezcla del elemento de transporte a la tolva de la extendidora o al equipo de transferencia, se comprobará su aspecto y se medirá su temperatura, así como la temperatura ambiente para tener en cuenta las limitaciones que se fijan en el apartado 7.8 de estas Instrucciones.

Se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del epígrafe 7.9.4.

Para cada uno de los lotes se debe determinar la densidad de referencia para la compactación, procediendo de la siguiente manera:

- Al menos una (1) vez por lote se tomarán muestras y se preparará un juego de tres (3) probetas. Sobre ellas se obtendrá el valor medio del contenido de huecos (norma UNE-EN 12697-8), y la densidad aparente (norma UNE-EN 12697-6), con el método de ensayo indicado en el Anexo B de la norma UNE-EN 13108-20.

Estas probetas se prepararán conforme a la norma UNE-EN 12697-30 aplicando setenta y cinco (75) golpes por cara si el tamaño máximo del árido es inferior o igual a veintidós milímetros ($D \leq 22$ mm), o mediante la norma UNE-EN 12697-32 o norma UNE-EN 12697-31 para tamaño máximo del árido superior a dicho valor, según los criterios establecidos en el epígrafe 7.5.1.2.

En la preparación de las probetas, se cuidará especialmente que se cumpla la temperatura de compactación fijada en la fórmula de trabajo según el ligante empleado. La toma de muestras para la preparación de estas probetas podrá hacerse, a juicio del Director de las Obras, en la carga o en la descarga de los elementos de transporte a obra, pero en cualquier caso, se evitará recalentar la muestra para la fabricación de las probetas.

- La densidad de referencia para la compactación de cada lote se define como la media aritmética de las densidades aparentes obtenidas en dicho lote y en cada uno de los tres anteriores.

Sobre algunas de estas muestras, se podrán llevar a cabo, además, a juicio del Director de las Obras, ensayos de comprobación de la dosificación de ligante (norma UNE-EN 12697-1), y de la granulometría de los áridos extraídos (norma UNE-EN 12697-2).

7.9.3.2.2 Compactación

Se comprobará la composición y forma de actuación del equipo de compactación, verificando:

- Que el número y tipo de compactadores son los aprobados.
- El funcionamiento de los dispositivos de humectación, limpieza y protección.
- El peso total y, en su caso, presión de inflado de los compactadores.
- La frecuencia y la amplitud en los compactadores vibratorios.
- El número de pasadas de cada compactador.

Al terminar la compactación se medirá la temperatura en la superficie de la capa, con objeto de comprobar que se está dentro del rango fijado en la fórmula de trabajo.

7.9.4 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 tres (3) criterios siguientes a una (1) sola capa de mezcla bituminosa:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

De cada lote se extraerán testigos en puntos aleatoriamente situados, en número no inferior a tres (> 3), y sobre ellos se determinará su densidad aparente y espesor (norma UNE-EN 12697-6), considerando las condiciones de ensayo que figuran en el Anexo B de la norma UNE-EN 13108-20. Sobre estos testigos se llevará a cabo también la comprobación de adherencia entre capas (norma NLT-382), a la que hace referencia el artículo 531 del PG-3.

7.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Los criterios de aceptación o rechazo de la unidad terminada se aplicarán sobre los lotes definidos en el epígrafe 7.9.4, según lo indicado a continuación.

7.10.1 Densidad

La densidad media obtenida en el lote no deberá ser inferior a la especificada en el epígrafe 7.7.1. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si es superior o igual al noventa y cinco por ciento ($\geq 95\%$) de la densidad especificada, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%) a la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado.
- Si es inferior al noventa y cinco por ciento ($< 95\%$) de la densidad especificada, se demolerá mediante fresado la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado y se repondrá con un material aceptado por el Director de las Obras, por cuenta del Contratista. El producto resultante de la demolición será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente, o empleado como indique el Director de las Obras, a cargo del Contratista.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un (1) individuo de la muestra ensayada del lote presente un valor inferior al prescrito en más de dos (2) puntos porcentuales. De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se tomarán testigos de cada uno de ellos, aplicándose los criterios descritos en este epígrafe.

7.10.2 Espesor

El espesor medio obtenido en el lote no deberá ser inferior al especificado en el epígrafe 7.7.2. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

Para capas de base:

- Si es superior o igual al ochenta por ciento ($\geq 80\%$), y no existieran zonas de posible acumulación de agua, se compensará la merma de la capa con el espesor adicional correspondiente en la capa superior por cuenta del Contratista.
- Si es inferior al ochenta por ciento ($< 80\%$), se rechazará la capa correspondiente al lote controlado, debiendo el Contratista por su cuenta, demolerla mediante fresado y reponerla, con un material aceptado por el Director de las Obras, o extender de nuevo otra capa similar sobre la rechazada, si no existieran problemas de gálibo.

Para capas intermedias:

- Si es superior o igual al noventa por ciento ($\geq 90\%$) y no existieran zonas de posible acumulación de agua, se aceptará la capa con una penalización económica del diez por ciento (10%).
- Si es inferior al noventa por ciento ($< 90\%$), se rechazará la capa correspondiente al lote controlado, debiendo el Contratista por su cuenta, demolerla mediante fresado y reponerla, con un material aceptado por el Director de las Obras, o extender de nuevo otra capa similar sobre la rechazada, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un (< 1) individuo de la muestra ensayada del lote presente resultados inferiores al especificado en más de un diez por ciento (10%). De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se tomarán testigos de cada uno de ellos, aplicándose los criterios descritos en este epígrafe.

7.10.3 Rasante

Para capas de base e intermedia:

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los Planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas. Si se rebasaran dichas tolerancias, se procederá de la siguiente manera:

- Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto, el Director de las Obras podrá aceptar la rasante siempre que se compense la merma producida con el espesor adicional necesario de la capa superior, en toda la anchura de la sección tipo, por cuenta del Contratista, de acuerdo con lo especificado en el epígrafe anterior.
- Cuando la tolerancia sea rebasada por exceso, se corregirá mediante fresado por cuenta del Contratista, siempre que no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en los Planos del proyecto. El producto resultante será

tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente.

7.11 MEDICIÓN Y ABONO

La preparación de la superficie existente se considerará incluida en la unidad de obra correspondiente a la construcción de la capa inferior, y, por tanto, no habrá lugar a su abono por separado. Únicamente cuando dicha capa se haya realizado mediante otro contrato, se podrá abonar la comprobación y, en su caso, reparación de la superficie existente por metros cuadrados (m²) realmente ejecutados.

El riego de adherencia se abonará de acuerdo con lo prescrito en el artículo 531 del PG-3.

La fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso se abonará por toneladas (t), según su tipo, obtenidas multiplicando las dimensiones señaladas para cada capa en los Planos del Proyecto por los espesores y densidades medios deducidos de los ensayos de control de cada lote. En dicho abono se considerará incluido el de los áridos (incluso los procedentes del fresado de mezclas bituminosas, en su caso), y el del polvo mineral. No serán de abono los sobreanchos laterales, ni los aumentos de espesor por corrección de mermas en capas subyacentes.

Para áridos con peso específico superior a tres gramos por centímetro cúbico (>3 g/cm³), el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá establecer, también, el abono por unidad de superficie (m²), con la fijación de unos umbrales de dotaciones o espesores, de acuerdo con lo indicado en este artículo.

El ligante hidrocarbonado empleado se abonará por toneladas (t), obtenidas multiplicando la medición correspondiente de mezclas bituminosas puestas en obra, por el porcentaje (%) medio de ligante deducido de los ensayos de control de cada lote. Se considerará incluido en dicho precio, y por tanto no será de objeto de abono independiente, el empleo de activantes o aditivos al ligante, así como tampoco el ligante residual del material fresado de mezclas bituminosas, en su caso.

El polvo mineral de aportación y las adiciones a la mezcla bituminosa, sólo se abonarán si la unidad de obra correspondiente estuviera explícitamente incluida en el Cuadro de Precios y el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y su medición prevista en el Presupuesto del Proyecto. Su abono se hará por toneladas (t), obtenidas multiplicando la medición correspondiente de mezclas bituminosas puesta en obra por su dotación media en las mismas.

ANEJO N°1. REFERENCIA NORMATIVA

El PPTP redactado se ha fundamentado exclusivamente en normativa vigente, europea, nacional española o local.

No se ha incorporado al documento ninguna especificación que no esté recogida en normativa de aplicación en España.

Todo lo indicado en el documento está refrendado por experiencia de obras de infraestructuras viarias ejecutadas en España.

En esencia esta normativa redactada por el Consell ha consistido en “elegir” de la normativa vigente mezclas bituminosas con eminentemente carácter sostenible, pero a su vez son las mezclas bituminosas consideradas como de mayor durabilidad y confort para el usuario de la carretera o calle.

La normativa en la que se ha fundamentado ha sido:

Normativa mundial

- ONU, AGENDA 2030 para el desarrollo sostenible

Normativa Europea de medioambiente

- Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular, (https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0011.02/DOC_1&format=PDF)

Normativa Europea de carreteras

- UNE-EN 13108-1:2019. Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso.
- UNE-EN 13108-5:2007/AC: 2008. Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA.
- UNE-EN 13108-8:2018. Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 8: Asfalto recuperado.

Normativa Ministerio de Fomento

- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).
- Orden Circular 40/2017. Reciclado de Firmes y Pavimentos Bituminosos (PG-4).
- Orden Circular 21/2007. Sobre el uso y especificaciones que deben cumplir los ligantes y mezclas bituminosas que incorporen caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU)
- Orden circular 21 BIS/2009
- Manual del CEDEX de empleo de NFU en mezclas bituminosas
- Orden circular 3/2019 sobre mezclas bituminosas tipo SMA
- NOTA TÉCNICA NT 02/2020 Sustitución de un betún mejorado con caucho (BC) por la combinación de un betún de penetración y un aditivo de caucho en la fabricación de mezclas bituminosas en caliente.

Normativa Gerencia Municipal de Urbanismo de Málaga

- Recomendaciones para la utilización de mezclas bituminosas tratadas con polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU) en firmes de viales en Málaga.

Normativa Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022.
- España Circular 2030, Estrategia española de la Economía circular.
- Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (PNRCD) 2001-2006
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

Palma, Enero de 2020

Coordinador en Cap de la D.I. de
Infraestructuras

La ingeniera de Dirección y Control de
obras

Miguel Ángel Sagrera Clota

Lara Ataun Bueno