



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y VIVIENDA

RECOMENDACIONES PARA LA REDACCION DE: PLIEGOS DE
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL USO DE MEZCLAS
BITUMINOSAS A BAJAS TEMPERATURAS

EDICIÓN 1. ABRIL 2012



PRESENTACIÓN

Los Agentes Técnicos de la Construcción, tanto de las Administraciones Públicas como de las Empresas Privadas, en el desarrollo de sus tareas como Promotores, Proyectistas, Directores de Obra, Constructores, Laboratorios de Control y Fabricantes de materiales, son conscientes de que deben fomentar la incorporación de las nuevas tecnologías a las obras públicas a fin de ir avanzando hacia un mundo más sostenible.

Es una práctica habitual de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda, la redacción de recomendaciones de empleo de materiales o técnicas novedosas tras la ejecución de los correspondientes trabajos de investigación. Con ello se consigue que lo aprendido en la investigación, pueda ser empleado por los profesionales del sector (que en general no son especialistas en estas tecnologías), no quedándose restringido al entorno de los investigadores, rentabilizando para la sociedad los resultados mediante su aplicación por todo el sector de la Obra Pública.

Las presentes Recomendaciones se han redactado en base a los resultados de los convenios específicos de investigación:

PROYECTO 1: CONVENIO ESPECÍFICO DE COLABORACION ENTRE GESTION DE INFRAESTRUCTURAS DE ANDALUCIA, S.A, GENERAL DE ESTUDIOS Y PROYECTOS SL, UNIVERSIDAD DE GRANADA, PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

“UTILIZACIÓN DE MEZCLAS BITUMINOSAS TEMPLADAS CON EMULSIÓN EN FIRMES DE CARRETERAS. CÓRDOBA”

PROYECTO 2: CONVENIO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN ENTRE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS DE ANDALUCÍA, S.A. E IFFAGE INFRAESTRUCTURAS, S.A. PARA LA REALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

“EMPLEO DE MEZCLAS BITUMINOSAS TEMPLADAS EN FIRMES DE CARRETERAS. JÉDULA” (CÁDIZ)

PROYECTO 3: ACUERDO DE COLABORACIÓN ENTRE LA AGRUPACIÓN DE INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICA PROYECTO FENIX, A.I.E. Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS DE ANDALUCÍA, S.A. EN EL MARCO DEL PROYECTO CENIT “INVESTIGACIÓN EN NUEVOS CONCEPTOS DE CARRETERAS MÁS SEGURAS Y SOSTENIBLES” (FENIX). ACTIVIDAD 4 (MEZCLAS TEMPLADAS). SAN JOSÉ DEL VALLE (CÁDIZ)

Las mezclas bituminosas templadas, objeto de estas recomendaciones, rebajan las temperaturas de fabricación y puesta en obra de las mezclas bituminosas en caliente tradicionales, lo cual supone importantes ventajas económicas, ambientales y laborales. Así, se disminuye el consumo de productos energéticos, las emisiones de gases de tipo invernadero y la proporción de partículas en suspensión, lo que conlleva una mejora de las condiciones de trabajo, seguridad y salud laboral, haciendo esta tecnología muy interesante de cara al futuro.



No podríamos terminar esta presentación sin agradecer a las entidades y personas que han intervenido tanto en los proyectos de investigación como en la redacción de este documento técnico, su dedicación y buen hacer con el convencimiento de que su trabajo servirá para mejorar la sostenibilidad de las obras públicas.

Rafael Blanco Perea
Director Gerente
Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía



GRUPO DE TRABAJO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “UTILIZACIÓN DE MEZCLAS BITUMINOSAS TEMPLADAS CON EMULSIÓN EN FIRMES DE CARRETERAS. CÓRDOBA”:

1.- COORDINADOR GENERAL

D. Tomás González de Canales Torralbo. Jefe de Servicio de Carreteras de la Delegación Provincial de Córdoba de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía (COPV).

2.- REDACTORES DE ESTAS RECOMENDACIONES

Dña. María José Sierra López. (AOPJA) Ponente

D. Manuel Salas Casanova (CEMOSA) Ponente

D. Manuel Borrego Martín (AOPJA)

D. José Miguel Vázquez Epifanio. (GENERAL DE ESTUDIOS Y PROYECTOS SL)

D. Aurelio Ruiz Rubio. (CIESM – INTEVIA)

D. Ramón Tomás Raz. (CIESM – INTEVIA)

3.- CONVENIO ESPECÍFICO DE COLABORACION ENTRE GESTION DE INFRAESTRUCTURAS DE ANDALUCIA, S.A, GENERAL DE ESTUDIOS Y PROYECTOS SL, UNIVERSIDAD DE GRANADA, PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

“UTILIZACIÓN DE MEZCLAS BITUMINOSAS TEMPLADAS CON EMULSIÓN EN FIRMES DE CARRETERAS. CÓRDOBA”

INVESTIGADORES PRINCIPALES:

- Por parte de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía:

D. Tomás González de Canales Torralbo. Director de la Obra

D. Manuel Atienza Díaz.

D. Manuel Borrego Martín. Gerente de Obra, como Gerente de este convenio por parte de AOPJA.

- Por parte GENERAL DE ESTUDIOS Y PROYECTOS SL:

- D. José Miguel Vázquez Epifanio.

- D. Aurelio Ruiz Rubio. (CIESM – INTEVIA)



- D. Ramón Tomás Raz. (CIESM – INTEVIA)

- Por parte de UNIVERSIDAD DE GRANADA.:
 - D. Antonio Menéndez Ondina.
 - Dña. María del Carmen Rubio.
 - Dña. María José Martínez-Echevarría Romero.

INVESTIGADORES DE APOYO:

- Por parte de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía.
 - D. Santiago García Cabrera.
 - D. Javier González de Canales Torralbo.
 - Dña. María José Sierra López.
 - Dña. Inmaculada Barquero Zafra. Perteneciente a la empresa NARVAL INGENIERIA. Jefa de Unidad de la Asistencia Técnica y Coordinadora de Seguridad y Salud.
 - D. Francisco Ureña Fernández. Perteneciente a la empresa CEMOSA. Coordinador del Control de Recepción
 - D. Manuel Salas Casanova. Perteneciente a la empresa CEMOSA.
 - D. Antonio Ruel Martínez. Perteneciente a la empresa GEOCISA. Coordinador del control ADAR.

- Por parte de GENERAL DE ESTUDIOS Y PROYECTOS SL.
 - D. Jesús López González. De la empresa CIESM - INTEVIA

- Por parte de UNIVERSIDAD DE GRANADA:
 - D. Fernando Moreno Navarro.
 - Dña. Gema García Travé.

GRUPO DE TRABAJO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “EMPLEO DE MEZCLAS BITUMINOSAS TEMPLADAS EN FIRMES DE CARRETERAS. JÉDULA” (CÁDIZ):

1.- COORDINADOR GENERAL

D. Alberto Bas Dutor, Jefe de Servicio de Carreteras de la Delegación Provincial de Cádiz de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía (COPV).

2.- REDACTORES DE ESTAS RECOMENDACIONES

- Dña. María José Sierra López. (AOPJA) Ponente
- D. Manuel Salas Casanova (CEMOSA) Ponente
- D. Lucía Miranda Pérez (EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS)
- Dña. María Elena Hidalgo Pérez (EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS)

3.- CONVENIO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN ENTRE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS DE ANDALUCÍA, S.A. Y EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS, S.A. PARA LA REALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

“EMPLEO DE MEZCLAS BITUMINOSAS TEMPLADAS EN FIRMES DE CARRETERAS. JÉDULA” (CÁDIZ)

INVESTIGADORES PRINCIPALES:

- Por parte de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía:
 - D. Alberto Bas Dutor. Jefe de Servicio de Carreteras, Delegación Provincial de Cádiz
 - Dña. Paloma Ortega Delgado. Directora de Obra
 - D. M^a José Sierra López. AOPJA
- Por parte de EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS:
 - D. Lucía Miranda Pérez
 - D. M^a Elena Hidalgo Pérez

INVESTIGADORES DE APOYO:

- Por parte de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía.
 - D. Francisco Bocanegra: Jefe de Unidad de la Asistencia Técnica, perteneciente a la empresa INSERCO INGENIEROS S.L.
 - D. Manuel Atienza Díaz
 - D. Javier Tavira. Perteneciente a la empresa Inysur. Coordinador del control ADAR.



- D. Manuel Salas Casanova. Perteneciente a la empresa CEMOSA. Coordinador del Control de Recepción.

4.- ACUERDO DE COLABORACIÓN ENTRE LA AGRUPACIÓN DE INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICA PROYECTO FENIX, A.I.E. Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS DE ANDALUCÍA, S.A. EN EL MARCO DEL PROYECTO CENIT “INVESTIGACIÓN EN NUEVOS CONCEPTOS DE CARRETERAS MÁS SEGURAS Y SOSTENIBLES” (FÉNIX). ACTIVIDAD 4 (MEZCLAS TEMPLADAS). SAN JOSÉ DEL VALLE (CÁDIZ)

INVESTIGADORES PRINCIPALES:

- Por parte de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía:
 - D. Alberto Bas Dutor
 - D. Manuel Atienza Díaz
 - Dña M^a José Sierra López
- Por parte del CIESM
 - D. Fernando Valor
- Por parte de EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS:
 - D. Lucía Miranda Pérez
 - Dña. María Elena Hidalgo Pérez





ÍNDICE

Artículo 0. Consideraciones Generales

Artículo 1. Mezclas Bituminosas Templadas, tipo hormigón bituminoso, fabricadas con emulsión

Artículo 2. Mezclas Bituminosas Templadas, tipo hormigón bituminoso, fabricadas con betún

ARTÍCULO 0. CONSIDERACIONES GENERALES.

0.1 NOTAS PREVIAS PARA SU USO

0.2 ANTECEDENTES TÉCNICOS

0.3 ALCANCE

0.4 ARTICULADO TÉCNICO

0.5 GARANTÍAS DE CALIDAD

0.6 CONTROL DE CALIDAD

0.1 NOTAS PREVIAS PARA SU USO.

Los artículos de estas recomendaciones se han redactado a modo de Pliego, de tal forma que facilite el trabajo de incorporación a los Proyectos tras la lectura y revisión, en su caso, de los mismos.

A lo largo de los distintos apartados de las Recomendaciones y para su mejor comprensión se han incluido numerosos comentarios aclaratorios enmarcados por un recuadro. Cuando los comentarios se refieren a normativa los párrafos están en letra cursiva.

0.2 ANTECEDENTES TÉCNICOS

Las mejoras ecológicas que se consiguen al rebajar las temperaturas de fabricación y puesta en obra de las mezclas bituminosas en caliente están directamente relacionadas con la magnitud de esta disminución térmica.

Las rebajas de las temperaturas de fabricación de las mezclas bituminosas en caliente se pueden conseguir según dos tipos de técnicas que se fundamentan en el tipo de ligante empleado: emulsiones o betunes, y a su vez, en el caso de emplear betunes, la reducción de la temperatura de fabricación se puede realizar con distintos procedimientos como son el empleo de aditivos, de adiciones, espumaciones directas e indirectas, etc.

Atendiendo a las temperaturas de fabricación y tipo de técnica (ligante empleado), las mezclas bituminosas se pueden clasificar según los siguientes dos criterios:

- **Clasificación en base exclusiva de las temperaturas de fabricación**

Con este criterio, la clasificación más empleada para los distintos tipos de mezclas es:

- Mezclas bituminosas en caliente (MBC). Se fabrican a temperaturas superiores a los 150° C.

- Mezclas bituminosas semicalientes. Se fabrican en el rango de temperaturas de 100 a 150 ° C
- Mezclas bituminosas templadas (MBT). Se fabrican en el rango de temperaturas de 60 a 100° C.
- Mezclas bituminosas frías (MBF). Se fabrican a temperatura ambiente.

• **Clasificación en base al tipo de técnica (ligante empleado) y las temperaturas de fabricación que en la actualidad se emplean según el tipo de ligante:**

En este caso, tendríamos los siguientes tipos de mezclas:

- Mezclas fabricadas con betún:
 - Mezclas bituminosas en caliente (MBC)
 - Mezclas bituminosas semicalientes (MBS)
 - Mezclas bituminosas templadas (MBT).
- Mezclas fabricadas con emulsión:
 - Mezclas bituminosas templadas (MBT).
 - Mezclas bituminosas en frío (MBF)

Atendiendo a estas clasificaciones, los artículos de las presentes Recomendaciones se denominarán mencionando el tipo de técnica (ligante empleado) y el tipo de mezcla.

0.3 ALCANCE

Los objetivos de estas Recomendaciones son las especificaciones de las características, el diseño, fabricación, puesta en obra y control de calidad de las Mezclas Bituminosas que presentando prestaciones similares a las de caliente se fabrican a menos temperatura, empleando como ligantes, para su fabricación, tanto emulsiones como betún asfáltico.

0.4 ARTICULADO TÉCNICO

Tanto con betún como con emulsión, se pueden fabricar distintos tipos de MBT como son las de composición de hormigón bituminoso, las drenantes o las que emplean altas dosis, como constituyente, de mezclas bituminosas recicladas. En esta primera versión, estas Recomendaciones se limitan a las mezclas bituminosas templadas tipo hormigón bituminoso, fabricadas con emulsión (artículo primero) o con betún (artículo segundo).

Es objetivo de AOPJA, cuando se cuente con la suficiente experiencia, la redacción de posteriores artículos en los que se contemplen otros tipos y técnicas de fabricación de mezclas bituminosas a menor temperaturas que las de caliente, como serían las ya mencionadas mezclas bituminosas templadas discontinuas, drenantes o con alta dotación de mezcla reciclada o las que disminuyen la temperatura de fabricación con otras técnicas como es el empleo de aditivos.

Estas Recomendaciones se redactan en base a artículos independientes para cada tipo de mezcla bituminosa. Esta edición se compone de dos artículos:

| ARTÍCULO | TÍTULO | DESCRIPCIÓN |
|-----------------|---|--|
| | MEZCLAS BITUMINOSAS FABRICADAS CON EMULSIÓN | |
| 1 | Mezclas bituminosas templadas, tipo hormigón bituminoso, fabricadas con emulsión. | Son mezclas bituminosas fabricadas a temperaturas menores de 100°C, que emplean como ligante emulsión bituminosa, y con una granulometría de áridos tipo hormigón bituminoso continua. |
| | MEZCLAS BITUMINOSAS FABRICADAS CON BETÚN | |
| 2 | Mezclas bituminosas templadas, tipo hormigón bituminoso, fabricadas con betún | Son mezclas bituminosas fabricadas a temperaturas menores de 100°C, que emplean como ligante betún, y con una granulometría de áridos tipo hormigón bituminoso continua. |

0.5 GARANTÍAS DE CALIDAD.

Los objetivos ecológicos que se persiguen con estas mezclas bituminosas, fabricadas a menos temperatura pero con las prestaciones de las de caliente, no deben afectar a las prestaciones finales solicitadas a la carretera. Por ello, esta normativa se ajustará todo lo posible a la vigente para las mezclas bituminosas en caliente, en especial las condiciones finales de la mezcla y la unidad terminada.

Las diferencias, como se irá viendo en el articulado, se centran en los siguientes puntos:

- Características del ligante (emulsión bituminosa o betún).
- Características de la planta de fabricación.
- En el caso de las mezclas bituminosas templadas, diferencias en sus ensayos:
 - Cuidar la toma de muestras para que ésta llegue al laboratorio en condiciones para su ensayo (contenido de humedad).
 - Emplear para la preparación de las probetas de ensayo la compactadora giratoria en vez de la habitual de impacto.
 - Fijar las condiciones y tiempos de curado de las probetas de ensayo (para el caso de emplear como ligante emulsiones).

0.6 CONTROL DE CALIDAD.

Estas Recomendaciones se fundamentan en:

- La serie normativa UNE-EN 13108, en especial en las normas 13108-1, 13108-20 y 13108-21.
- La serie normativa UNE-EN 12697.
- El artículo 542 del PG-3.
- Las directrices de los procedimientos de control de la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía (en adelante AOPJA) y
- Los protocolos de actuación redactados en los trabajos de investigación anteriormente mencionados.

Estas MBT no están aún contempladas por la Directiva Europea 89/106 CEE, marcado CE, y no se cuenta con mucha experiencia de uso, por ello se requiere un control más exhaustivo que el empleado para las mezclas en caliente, que disponen de esta certificación y de uso habitual en la pavimentación de las carreteras:

- Control previo a la ejecución:
 - Control documental de los materiales constituyentes, en especial comprobar la documentación obligatoria para los productos sujetos a la Directiva 89/106 CEE (marcado CE).
 - Inspección de las instalaciones.
- Estudio de los materiales y fórmula de trabajo:
 - Control de procedencia de los materiales constituyentes.
 - Diseño de la fórmula de trabajo. (Tarea del control de producción).
 - Verificación de la fórmula de trabajo. (Tarea del control de recepción).
- Tramo de prueba:
 - Verificación de la mezcla fabricada por la planta.
 - Aceptación de la maquinaria de puesta en obra.
 - Aceptación de los procedimientos de puesta en obra.
- Control de la ejecución:
 - Control de recepción de los materiales constituyentes.
 - Control de la fabricación.
 - Control de la puesta en obra.
- Control de la unidad terminada.

ARTÍCULO 1. MEZCLAS BITUMINOSAS TEMPLADAS TIPO HORMIGÓN BITUMINOSO, FABRICADAS CON EMULSIÓN

1.1 DEFINICIÓN. CARACTERÍSTICAS GENERALES.

- 1.1.1 DEFINICIÓN.
- 1.1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN.

1.2 MATERIALES.

- 1.2.1 LIGANTES HIDROCARBONADOS. EMULSIONES BITUMINOSAS.
- 1.2.2 ÁRIDOS
 - 1.2.2.1 Árido grueso.
 - 1.2.2.1.1 Definición del árido grueso.
 - 1.2.2.1.2 Procedencia del árido grueso.
 - 1.2.2.1.3 Angulosidad del árido grueso. (Porcentaje de partículas trituradas).
 - 1.2.2.1.4 Forma del árido grueso. (Índice de lajas).
 - 1.2.2.1.5 Resistencia a la fragmentación del árido grueso. (Coeficiente de desgaste los Ángeles).
 - 1.2.2.1.6 Resistencia al pulimento del árido grueso para capas de rodadura. (Coeficiente de pulido acelerado).
 - 1.2.2.1.7 Limpieza del árido grueso. (Contenido de impurezas).
 - 1.2.2.2 Árido fino.
 - 1.2.2.2.1 Definición del árido fino.
 - 1.2.2.2.2 Procedencia del árido fino.
 - 1.2.2.2.3 Limpieza del árido fino.
 - 1.2.2.2.4 Resistencia a la fragmentación del árido fino.
 - 1.2.2.3 Polvo mineral.
 - 1.2.2.3.1 Definición del polvo mineral.
 - 1.2.2.3.2 Procedencia del polvo mineral.
 - 1.2.2.3.2.1 Polvo mineral de recuperación.
 - 1.2.2.3.2.2 Polvo mineral de aportación.
 - 1.2.2.3.3 Granulometría del polvo mineral.
 - 1.2.2.3.4 Finura y actividad del polvo mineral.
 - 1.2.2.4 Aditivos.

1.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA.

- 1.3.1 DESIGNACIÓN.
- 1.3.2 GRANULOMETRÍA.
- 1.3.3 CONTENIDO DE LIGANTE.

1.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

- 1.4.1 CENTRAL DE FABRICACIÓN.
- 1.4.2 ELEMENTOS DE TRANSPORTE.
- 1.4.3 EQUIPO DE EXTENDIDO.
- 1.4.4 EQUIPO DE COMPACTACIÓN.

1.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

- 1.5.1 ESTUDIO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO.
 - 1.5.1.1 Principios generales.
 - 1.5.1.2 Criterios adicionales.
 - 1.5.1.3 Contenido de huecos. Energía de compactación.
 - 1.5.1.4 Resistencia a la deformación permanente.
 - 1.5.1.5 Susceptibilidad al agua.
 - 1.5.1.5.1 Ensayo de Inmersión Compresión.
 - 1.5.1.5.2 Ensayo de sensibilidad al agua.
- 1.5.2 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE EXISTENTE.
- 1.5.3 APROVISIONAMIENTO DE ÁRIDOS.
- 1.5.4 FABRICACIÓN DE LA MEZCLA.
 - 1.5.4.1 Generalidades.
 - 1.5.4.2 Temperaturas de fabricación.
- 1.5.5 TRANSPORTE DE LA MEZCLA.
- 1.5.6 EXTENSIÓN DE LA MEZCLA.
- 1.5.7 COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA.
- 1.5.8 JUNTAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES.

1.6 TRAMO DE PRUEBA.

1.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.

- 1.7.1 DENSIDAD.
- 1.7.2 RASANTE, ESPESOR Y ANCHURA.
- 1.7.3 REGULARIDAD SUPERFICIAL.
 - 1.7.3.1 Especificaciones Pliego ADAR.
 - 1.7.3.2 Especificaciones PG-3.
- 1.7.4 MACROTEXTURA SUPERFICIAL Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO.
- 1.7.5 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN.

1.8 CONTROL DE CALIDAD.

- 1.8.1 CONTROL PREVIO A LA EJECUCIÓN
 - 1.8.1.1 Control documental.
 - 1.8.1.2 Verificación de las instalaciones.
- 1.8.2 CONTROL DE PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES.
 - 1.8.2.1 Ensayos de control de procedencia del ligante hidrocarbonado. Emulsión bituminosa.
 - 1.8.2.2 Ensayos de control de procedencia de los áridos.

- 1.8.2.3 Ensayos de control de procedencia del polvo mineral.
- 1.8.3 CONTROL DE CALIDAD, RECEPCIÓN, DE LOS MATERIALES.
 - 1.8.3.1 Control de calidad de recepción del ligante hidrocarbonado. Emulsión bituminosa.
 - 1.8.3.2 Control de calidad de recepción de los áridos.
 - 1.8.3.3 Control de calidad de recepción del polvo mineral.
- 1.8.4 CONTROL DE EJECUCIÓN.
 - 1.8.4.1 Fabricación.
 - 1.8.4.2 Puesta en obra.
 - 1.8.4.2.1 Extensión.
 - 1.8.4.2.2 Compactación.
- 1.8.5 CONTROL DE RECEPCIÓN DE LA UNIDAD TERMINADA.

1.9 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO.

- 1.9.1 DENSIDAD.
- 1.9.2 ESPESOR.
 - 1.9.2.1 Para capas de base.
 - 1.9.2.2 Para capas intermedias.
 - 1.9.2.3 Para capa de rodadura.
- 1.9.3 REGULARIDAD SUPERFICIAL.
- 1.9.4 MACROTEXTURA SUPERFICIAL Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO.

1.10 MEDICIÓN Y ABONO.

1.11 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD.

NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO.

1.1 DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS GENERALES

1.1.1 DEFINICIÓN

Se define como mezcla Bituminosa Templada (MBT) tipo hormigón bituminoso (AC) con emulsión, como ligante hidrocarbonado, la combinación de este ligante, áridos (incluido el polvo mineral) con granulometría continua y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del árido queden recubiertas por una película homogénea de ligante. La temperatura máxima a la salida del mezclador de estas mezclas será 100 °C.

La ejecución de las mezclas bituminosas templadas incluye las siguientes operaciones:

- Estudio de los materiales constituyentes.
- Verificación de las instalaciones de producción.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Ejecución de los tramos de prueba.
- Fabricación de la mezcla de acuerdo con la fórmula de trabajo.
- Transporte de la mezcla al lugar de empleo.
- Preparación de la superficie que va a recibir la mezcla.
- Extensión y compactación de la mezcla.
- Control de calidad: previo a la ejecución, control de recepción, control de la ejecución y control de la unidad terminada.

1.1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Este tipo de mezcla podrá utilizarse, inicialmente, para las categorías de tráfico pesado T2 a T4. Para tráfico superiores se deberá hacer un estudio específico justificativo.

1.2 MATERIALES

De acuerdo con la Directiva Europea de productos para la construcción 89/106/ CEE, los fabricantes están obligados a disponer del mercado CE para los productos sujetos a esta Directiva, como son los áridos y las emulsiones. Las mezclas bituminosas templadas no están aún sujetas a la Directiva Europea para los productos de construcción 89/106/CEE.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en:

- El Real Decreto 1630/92 (modificado por el Real Decreto 1328/95), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en

aplicación de la Directiva 89/106/CEE; en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

- Lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.
- Lo dispuesto en el Real Decreto 105/2008 y en la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados.

1.2.1 LIGANTES HIDROCARBONADOS. EMULSIONES BITUMINOSAS

Estas Recomendaciones se fundamentan en experiencias de mezclas bituminosas templadas fabricadas con emulsiones bituminosas catiónicas.

Las especificaciones de las emulsiones catiónicas, para su empleo en construcción y mantenimiento de carreteras, pavimentos de aeropuertos y otras áreas pavimentadas, están reguladas por la norma armonizada UNE-EN 13808.

En el caso de solicitar el empleo de emulsiones bituminosas tipo aniónicas, al no contar con una normativa similar al de las catiónicas, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en su defecto el Director de las Obras deberá aprobar las características y control de calidad de este material.

En los protocolos del trabajo de investigación de Pozoblanco de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía, que se adjuntan en el anejo de estas Recomendaciones, se especifica qué características mínimas deberá indicar el fabricante de la emulsión.

La emulsión deberá ser específicamente seleccionada según las características de los áridos, de forma que se consiga una buena envuelta de los áridos y lo exigido en los ensayos de susceptibilidad al agua.

Las emulsiones bituminosas catiónicas se ajustarán a lo indicado en las normas UNE-EN 13805: 2005 y la UNE-EN 13808: 2005/1M: 2011. *Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de las emulsiones bituminosas catiónicas.*

El fabricante deberá contar con toda la documentación que esta normativa le exija.

Clases de emulsiones bituminosas catiónicas para mezclas bituminosas templadas de tipo hormigón bituminoso:

Para estas aplicaciones se han seleccionado las emulsiones C65B4 y C65B5 con las clases que se indican en las siguientes tablas.

Tabla 1.a – Clases prestacionales seleccionadas para las emulsiones originales C65B4 y C65B5

| Requisitos | Clases ^a | |
|---|----------------------------------|----------------------------------|
| Índice de rotura | 70-130 (Clase 4) | 120-180 (Clase 5) |
| Tiempo de fluencia 4 mm a 40 °C | 10 – 45 (Clase 6) ^b | 10 – 45 (Clase 6) ^b |
| Adhesividad | ≥ 90% (Clase 3) | ≥ 90% (Clase 3) |
| Contenido de ligante (a partir del contenido en agua) | 63-67 (Clase 6) | 63-67 (Clase 6) |
| Residuo de tamizado | ≤ 0,1 (tamiz 0,5mm) (Clase 2) | ≤ 0,1 (tamiz 0,5mm) (Clase 2) |
| Tendencia a la sedimentación | ≤ 5 (Clase 2) | ≤ 5 (Clase 2) |
| <p>a Se elige el tipo de emulsión en función de la granulometría y la humedad de los áridos, así como por la temperatura de fabricación. Las de rotura más rápida serán más adecuadas con áridos más húmedos, con áridos con menos finos y con temperaturas de fabricación más altas (mezclas templadas con calentamiento de áridos entre 50 y 100 °C).</p> <p>b Se pueden emplear emulsiones de Clase 5 para el Tiempo de fluencia (70-130 s a 40 °C con el orificio de 2 mm).</p> | | |

Tabla 1.b – Clases prestacionales seleccionadas para los ligantes residuales C65B4 y C65B5

| Requisitos | Clases seleccionadas según tabla 4 (después de evaporación) | Clases seleccionadas según tabla 5 (después de evaporación, estabilización y envejecimiento) |
|--|--|---|
| Penetración | ≤ 100 (Clase 3) ^a | DV (Clase 2) |
| Punto de reblandecimiento | ≥ 43 (Clase 4) ^a | DV (Clase 2) |
| <p>a Se deben emplear emulsiones con residuo de Clase 2, 3 o 4 de Penetración dependiendo del tipo de mezcla a fabricar, la climatología de la zona y la categoría de tráfico pesado de la vía. Cuando la clase Penetración sea 2, la clase de Punto de reblandecimiento debe ser la 3. Para las clases de Penetración 3 y 4, la clase de Punto de reblandecimiento debe ser la 4.</p> | | |

Tabla 1.c – Tipo de ligante hidrocarbonado a utilizar en la fabricación de la emulsión bituminosa

A) EN CAPA DE RODADURA Y SIGUIENTE

| ZONA TÉRMICA ESTIVAL | | | |
|-----------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| | T2 y T31 | T32 y arcenes | T4 |
| CÁLIDA | B35/50 B50/70 | B50/70 | B50/70 B70/100 |
| MEDIA | B50/70 | B50/70 | |
| TEMPLADA | B50/70 B70/100 | B50/70 B70/100 | |

B) EN CAPA DE BASE, BAJO OTRAS DOS

| ZONA TÉRMICA ESTIVAL | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |
|-----------------------------|------------------------------------|
| | |
| CÁLIDA | B50/70 |
| MEDIA | B50/70 B70/100 |
| TEMPLADA | B70/100 |

Las características mínimas que debe definir el fabricante para las emulsiones que se emplearán en la fabricación de mezclas bituminosas templadas serán las indicadas en la tabla 2.

TABLA 2. CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS QUE DEBE INDICAR EL FABRICANTE DE LA EMULSIÓN

| Característica de la emulsión bituminosa | Normas UNE |
|--|-------------------|
| Determinación del contenido de agua en las emulsiones bituminosas. Método de destilación azeotrópica. | UNE-EN 1428/00 |
| Determinación del residuo por tamizado y de la estabilidad al almacenamiento de las emulsiones bituminosas. | UNE-EN 1429/09 |
| Determinación de la carga de partículas de las emulsiones bituminosas | UNE-EN 1430/09 |
| Determinación por destilación del ligante residual y de fluidificantes en las emulsiones bituminosas. | UNE-EN 1431/09 |
| Determinación del tiempo de fluencia de las emulsiones bituminosas por medio de un viscosímetro de flujo. | UNE-EN 12846/11 |
| Determinación de la sedimentación de emulsiones bituminosas. | UNE-EN 12847/09 |
| Determinación del índice de rotura de las emulsiones bituminosas catiónicas. | UNE-EN 13075-1/09 |
| Determinación de la adhesividad de las emulsiones bituminosas por medio de la inmersión en agua. | UNE-EN 13614/04 |
| Característica del ligante residual inicial <i>Obtenido por recuperación del ligante por evaporación.</i> <i>UNE-EN 13074-1</i> | Normas UNE |
| Determinación de la penetración con aguja. | UNE-EN 1426/07 |
| Determinación del punto de reblandecimiento. Anillo y bola. | UNE-EN 1427/07 |
| Característica del ligante residual <i>Después de evaporación, estabilización y envejecimiento</i> <i>Pr EN 14895 seguido por pr EN 14769</i> | Normas UNE |
| Determinación de la penetración con aguja. | UNE-EN 1426/07 |
| Determinación del punto de reblandecimiento. Anillo y bola. | UNE-EN 1427/07 |
| Determinación de la recuperación elástica. (*) | UNE-EN 13398/04 |
| Durabilidad de la cohesión en emulsiones bituminosas modificadas (péndulo Vialit) (*) | UNE-EN 13588/08 |

(*) Los ensayos de recuperación elástica o tracción por el método fuerza-ductilidad solo se realizarán sobre aquellas emulsiones bituminosas que estén modificadas con polímeros

1.2.2 ÁRIDOS

Son, entre otros, objetivos ecológicos, como consecuencia de las reducciones de las temperaturas de fabricación y puesta en obra, los que fomentan el empleo de las mezclas bituminosas templadas.

Además, estas mezclas resultan especialmente idóneas para emplear altas cantidades (pudiendo llegar al 100 % como constituyentes) de mezclas bituminosas recicladas. En el apartado 1.2 de estas Recomendaciones se indica como legislación de referencia al Real Decreto 105/2008 de gestión de RCD y la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados, transposición de la Directiva marco de residuos.

Sin embargo estas Recomendaciones se limitan al diseño, fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas templadas tipo hormigón asfáltico de una manera similar al de las mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón asfáltico, (UNE EN 13108-1 y artículo 542 del PG-3), limitando la proporción, como constituyente, de mezcla bituminosa reciclada al 10%.

El empleo de dotaciones de material bituminoso reciclado superiores a estos porcentajes requieren estudios particulares referentes al origen de la mezcla bituminosa reciclada, al tipo y propiedades de los áridos que las constituyen, homogeneidad de la mezcla en cuanto a la cantidad y características del betún residual, así como definir los tipos de capa y tráfico para los que podrían ser empleadas.

Como ya se ha indicado, se tiene previsto redactar un artículo específico de mezclas bituminosas templadas constituidas con altas dotaciones de mezcla bituminosa reciclada.

Los áridos a emplear en las mezclas bituminosas templadas podrán ser naturales o artificiales, siempre que cumplan las especificaciones recogidas en este artículo.

Podrán emplearse como áridos para capas de base e intermedia el material procedente del fresado de mezclas bituminosas en caliente en proporciones inferiores al diez por ciento (10%) de la masa total de mezcla.

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.

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.

Antes de pasar por el secador de la central de fabricación, el equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8, del árido obtenido combinando las distintas fracciones de los áridos (incluido el polvo mineral) según las proporciones fijadas en la fórmula de trabajo, será superior a cincuenta (50), o en caso de no cumplirse esta condición, su valor de azul de metileno, según el anexo A de la UNE-EN 933-9, será inferior a diez (10) y, simultáneamente, el equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8, será superior a cuarenta (40).

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, tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras u otras capas del firme, o contaminar corrientes de agua.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, deberá fijar los ensayos para determinar la inalterabilidad del material. Si se considera

conveniente, para caracterizar los componentes solubles de los áridos de cualquier tipo, naturales, artificiales o procedentes del fresado de mezclas bituminosas, que puedan ser lixiviados y significar un riesgo potencial para el medioambiente o para los elementos de construcción situados en sus proximidades, se empleará la UNE-EN 1744-3.

El árido procedente del fresado de mezclas bituminosas se obtendrá de la disgregación por fresado o trituración de capas de mezcla bituminosa. En ningún caso se admitirán áridos procedentes del fresado de mezclas bituminosas que presenten deformaciones plásticas (roderas). Se determinará la granulometría del árido recuperado, según la 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 UNE-EN 933-2

El árido obtenido del fresado de mezclas bituminosas, cumplirá las especificaciones de los apartados 1.2.2.1, 1.2.2.2 ó 1.2.2.3, en función de su granulometría obtenida según la UNE-EN12697-2.

1.2.2.1 Árido grueso

1.2.2.1.1 Definición del árido grueso

Se define como árido grueso a la parte del árido total retenida en el tamiz 2 mm de la UNE-EN 933-2.

Las características que identifican al árido grueso en la etiqueta del marcado CE deberán satisfacer las siguientes exigencias:

1.2.2.1.2 Procedencia del árido grueso

El árido grueso podrá proceder de cualquier origen natural o artificial siempre que cumpla las especificaciones fijadas por estas Recomendaciones en función del tipo de capa y categoría de tráfico pesado.

1.2.2.1.3 Angulosidad del árido grueso. (Porcentaje de partículas trituradas)

La proporción de partículas total y parcialmente trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5, deberá cumplir lo fijado en la tabla 3.

TABLA 3 – PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TOTAL Y PARCIALMENTE TRITURADAS DEL ÁRIDO GRUESO (% en masa)

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

(*) En vías de servicio

Adicionalmente, la proporción de partículas totalmente redondeadas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5, deberá cumplir lo fijado en la tabla 4.

TABLA 4 – PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TOTALMENTE REDONDEADAS DEL ÁRIDO GRUESO (% en masa)

| TIPO DE CAPA | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | | |
|-------------------|-----------------------------|--------------|----------|
| | T2 | T3 y arcenes | T4 |
| RODADURA | 0 | ≤ 1 | ≤ 10 |
| INTERMEDIA | | | ≤ 10 (*) |
| BASE | ≤ 1 | ≤ 10 | - |

(*) En vías de servicio

1.2.2.1.4 Forma del árido grueso. (Índice de lajas)

El índice de lajas de las distintas fracciones del árido grueso, según la UNE-EN 933-3, deberá cumplir lo fijado en la tabla 5.

TABLA 5 - ÍNDICE DE LAJAS DEL ÁRIDO GRUESO

| CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | | |
|-----------------------------|---------------|----|
| T2 a T3A | T3B y arcenes | T4 |
| ≤ 25 | ≤ 30 | |

1.2.2.1.5 Resistencia a la fragmentación del árido grueso. (Coeficiente de desgaste los Ángeles)

El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2, deberá cumplir lo fijado en la tabla 6.

TABLA 6 - COEFICIENTE DE LOS ÁNGELES DEL ÁRIDO GRUESO

| TIPO DE CAPA | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | | |
|-------------------|-----------------------------|--------------|----------|
| | T2 | T3 y arcenes | T4 |
| RODADURA | ≤ 20 | ≤ 25 | |
| INTERMEDIA | ≤ 25 | | ≤ 25 (*) |
| BASE | ≤ 30 | | - |

(*) En vías de servicio

1.2.2.1.6 Resistencia al pulimento del árido grueso para capas de rodadura. (Coeficiente de pulimento acelerado, CPA)

El coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso a emplear en capas de rodadura, según la UNE-EN1097-8, deberá cumplir lo fijado en la tabla 7.

TABLA 7 - COEFICIENTE DE PULIMENTO ACCELERADO DEL ÁRIDO GRUESO PARA CAPAS DE RODADURA

| CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | |
|-----------------------------|-------------------|
| T2 a T3A | T3B, T4 y arcenes |
| ≥ 50 | ≥ 44 |

1.2.2.1.7 Limpieza del árido grueso. (Contenido de impurezas)

El árido grueso deberá estar exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

El contenido de finos del árido grueso, determinado conforme a la UNE-EN 933-1 como el porcentaje que pasa por el tamiz 0,063 mm, será inferior al cinco por mil (0,5%) en masa.

Adicionalmente, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá especificar que el contenido de impurezas del árido grueso, según el anexo C de la UNE 146130, sea inferior al cinco por mil (0,5%) 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 limpieza por lavado, aspiración u otros métodos previamente aprobados, y una nueva comprobación.

1.2.2.2 Árido fino

1.2.2.2.1 Definición del árido fino

Se define como árido fino a la parte del árido total cernida por el tamiz 2 mm y retenida por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.

Las características que identifican al árido fino en la etiqueta del marcado CE deberán satisfacer las siguientes exigencias:

1.2.2.2.2 Procedencia del árido fino

El árido fino deberá proceder de la trituración de piedra de cantera o grava natural en su totalidad, o en parte de yacimientos naturales.

La proporción de árido fino no triturado a emplear en la mezcla deberá cumplir lo fijado en la tabla 8.

TABLA 8 - PROPORCIÓN DE ÁRIDO FINO NO TRITURADO (*) A EMPLEAR EN LA MEZCLA
(% en masa del total de áridos, incluido el polvo mineral)

| CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | |
|------------------------------------|-------------------------|
| T2 | T3, T4 y arcenes |
| 0 | ≤ 10 |

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

1.2.2.2.3 Limpieza del árido fino

El árido fino deberá estar exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga y otras materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

1.2.2.2.4 Resistencia a la fragmentación del árido fino

El material que se triture para obtener árido fino deberá cumplir las condiciones exigidas al árido grueso en el apartado 1.2.2.1.5 sobre el coeficiente de Los Ángeles

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 (25) para capas de rodadura e intermedias y a treinta (30) para capas de base.

1.2.2.3 Polvo mineral

1.2.2.3.1 Definición de polvo mineral

Se define como polvo mineral a la parte del árido total cernida por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.

1.2.2.3.2 Procedencia del polvo mineral

1.2.2.3.2.1 Polvo mineral de recuperación

Es el polvo mineral (filler) que procede de los áridos, se separa de ellos por medio de los ciclones de la planta de fabricación.

1.2.2.3.2.2 Polvo mineral de aportación

En este caso el polvo mineral es un producto comercial o especialmente preparado para su empleo como filler. Estos productos están obligados a disponer de marcado CE.

La proporción del polvo mineral de aportación a emplear en la mezcla deberá cumplir lo fijado en la tabla 9.

TABLA 9 - PROPORCIÓN DE POLVO MINERAL DE APORTACIÓN
 (% en masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitable adherido a los áridos)

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

En la fabricación de mezclas templadas será difícil cumplir con los requisitos de la tabla 9, ya que las temperaturas de calentamiento de los áridos no permiten la aspiración de todo el filler en el proceso de fabricación de la mezcla. Por ello a continuación se especifican, en su caso, los criterios para aceptar proporciones de filler de aportación inferiores al indicado en la tabla 9.

En el caso de no poder cumplir con los requisitos especificados en la Tabla 9 se establecen los siguientes criterios para, aceptando otras proporciones de filler de aportación, se aseguren las características de las mezclas bituminosas:

- Para todas las mezclas para tráfico T2, y para todas las empleadas como capa de rodadura independientemente del tipo de tráfico, el porcentaje de filler de aportación será como mínimo de un 2%, (porcentaje sobre la masa de áridos incluido el filler).
- El equivalente de arena del árido combinado será superior a 50.
- Cumplimiento de los valores de resistencia conservada en los ensayos de inmersión-compresión y de sensibilidad indicados en los apartados 1.5.1.5.1 y 1.5.1.5.2, respectivamente, de estas Recomendaciones.

1.2.2.3.3 Granulometría del polvo mineral

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

Adicionalmente, el noventa por cien (90%) de los resultados de análisis granulométricos basados en los últimos veinte (20) valores obtenidos, deben quedar incluidos dentro de un huso granulométrico más estrecho, cuyo ancho máximo en los tamices correspondientes a 0,125 y 0,063 mm no supere el diez por ciento (10%).

TABLA 10. ESPECIFICACIONES PARA LA GRANULOMETRIA DEL POLVO MINERAL

| ABERTURA DEL TAMIZ (mm) | Huso granulométrico general para resultados individuales. Cernido acumulado (% en masa) | Intervalo máximo del huso restringido (% en masa) |
|--------------------------------|--|--|
| 2 | 100 | - |
| 0.125 | 85 a 100 | 10 |
| 0.063 | 70 a 100 | 10 |

1.2.2.3.4 Finura y actividad del polvo mineral

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

1.2.2.4 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. La dosificación y dispersión homogénea del aditivo deberán ser aprobadas por el Director de las Obras.

1.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

No existe aún normativa armonizada europea para las mezclas bituminosas templadas. Por su similitud, estas Recomendaciones se ajustan a la normativa vigente para las mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón asfáltico, la norma UNE EN 13108-1 y el artículo 542 del PG-3. Se utilizará como nomenclatura de designación de este tipo de mezclas una adaptación de la indicada en la norma citada UNE EN 13108-1. En cuanto a la granulometría, en principio las experiencias realizadas nos permiten mantener los husos de sus homólogas en caliente, no obstante es recomendable diseñar un esqueleto mineral en la zona más baja del huso que permita mezclas con menos finos.

1.3.1 DESIGNACIÓN

La designación de las mezclas bituminosas templadas tipo hormigón bituminoso se hará adaptando a este tipo de mezclas la nomenclatura establecida en la UNE-EN 13108-1.

En esta designación se añadirá delante de las letras AC las MBT, indicando con ello el tipo de mezcla y se complementará con información sobre el tipo de granulometría que corresponda a la mezcla: densa, semidensa o gruesa, con el fin de poder diferenciar mezclas con el mismo tamaño máximo de árido pero con husos granulométricos diferentes. Para ello, a la designación se añadirá la letra D, S o G después de la indicación del tamaño máximo de árido, según se trate de una mezcla densa, semidensa o gruesa, respectivamente.

Como ligante se especificará el tipo de emulsión empleada de acuerdo con lo indicado en el apartado 1.2.1 de estas Recomendaciones.

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

| | | | | |
|--------|---|---------------|------------|---------------|
| MBT AC | D | surf/bin/base | “emulsión” | granulometría |
|--------|---|---------------|------------|---------------|

Donde:

MBT AC indica que la mezcla es del tipo Mezcla Bituminosa Templada Hormigón bituminoso.

D es el tamaño máximo del árido, expresado como la abertura del tamiz que deja pasar entre un noventa y un cien por cien (90 y 100 %) del total del árido.

surf/bin/base se indicará con estas abreviaturas si la mezcla se va a emplear en capa de rodadura, intermedia o base, respectivamente.

“emulsión” se debe incluir la designación del tipo de emulsión bituminosa utilizada.

granulometría se indicará con la letra D, S o G si el tipo de granulometría corresponde a una mezcla densa (D), semidensa (S) o gruesa (G) respectivamente.

1.3.2 GRANULOMETRÍA

La granulometría del árido obtenido combinando las distintas fracciones de los áridos (incluido el polvo mineral), según la unidad de obra o empleo, deberá estar comprendida dentro de alguno de los husos fijados en la tabla 11. El análisis granulométrico se hará según la UNE-EN 933-1

TABLA 11 - HUSOS GRANULOMÉTRICOS. CERNIDO ACUMULADO (% en masa)

| TIPO DE MEZCLA (*) | | ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm) | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|---|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 45 | 32 | 22 | 16 | 8 | 4 | 2 | 0,5 | 0,25 | 0,063 |
| Densa | MBT AC 16 | — | — | 100 | 90-100 | 64-79 | 44-59 | 31-46 | 16-27 | 11-20 | 4-8 |
| | MBT AC 22 | — | 100 | 90-100 | 73-88 | 55-70 | | | | | |
| Semidensa | MBT AC 16 | — | — | 100 | 90-100 | 60-75 | 35-50 | 24-36 | 11-21 | 7-15 | 3-7 |
| | MBT AC 22 | — | 100 | 90-100 | 70-88 | 50-66 | | | | | |
| | MBT AC 32 | 100 | 90-100 | | 68-82 | 48-63 | | | | | |
| Gruesa | MBT AC 22 | — | 100 | 90-100 | 65-86 | 40-60 | 18-32 | 7-18 | 4-12 | 2-5 | |
| | MBT AC 32 | 100 | 90-100 | | 58-76 | 35-54 | | | | | |

(*) 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 del firme y de tipo de emulsión)

El tipo de mezcla bituminosa templada a emplear en función del tipo y del espesor de la capa del firme, se definirá en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, según la tabla 12

Los espesores de las capas serán los mismos que lo indicado para sus homólogas de caliente en el artículo 542 del PG-3, con la salvedad que para las mezclas de tamaño máximo 16 el espesor mínimo será de 5 centímetros.

TABLA 12 – TIPO DE MEZCLA A UTILIZAR EN FUNCIÓN DEL TIPO Y ESPESOR DE LA CAPA

| TIPO DE CAPA | ESPESOR (cm) | TIPO DE MEZCLA |
|-------------------|--------------|--|
| RODADURA | 5 | MBT AC16 Surf D MBT AC16 Surf S |
| | > 5 | MBT AC22 Surf D MBT AC22 Surf S |
| INTERMEDIA | 5 - 10 | MBT AC22 Bin D MBT AC22 Bin S MBT AC32 Bin S |

| | | |
|------------------|--------|---|
| BASE | 7 - 15 | MBT AC32 Base S MBT AC22 Base G MBT AC32 Base G |
| Arcenes * | 5 - 6 | MBT AC16 Surf D |

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

1.3.3 CONTENIDO DE LIGANTE

En la siguiente tabla número 13 se indican los contenidos mínimos de ligante que se exigen para las MBT. Se entiende como dotación de ligante a la del betún residual de la mezcla, por lo tanto la dotación mínima de emulsión que se empleará para fabricar la MBT será la suficiente para conseguir dicho contenido mínimo de betún residual.

La dosificación mínima de ligante hidrocarbonado, en porcentaje del peso total de árido combinado seco incluido el polvo mineral no será inferior a los valores indicados en la tabla 13.

TABLA 13 – DOTACIÓN MÍNIMA DE LIGANTE HIDROCARBONADO (BETÚN RESIDUAL)

| TIPO DE CAPA | % EN MASA DE DOTACIÓN MÍNIMA DE LIGANTE | |
|-------------------|--|--|
| | Respecto del peso total del árido combinado seco incluido el polvo mineral | Respecto del peso total de la mezcla incluido el polvo mineral |
| RODADURA | 4.7 | 4.5 |
| INTERMEDIA | 4.2 | 4.0 |
| BASE | 3.8 | 3.6 |

En el caso de que la densidad de los áridos 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 12 se deben corregir multiplicando por el factor $\rho = 2.65 / P_d$; donde P_d es la densidad de la partículas del árido.

La relación ponderal entre los contenidos de polvo mineral y ligante hidrocarbonado de las mezclas densas, semidensas y gruesas, estará comprendida entre 0.9 y 1.4 (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), recomendándose, que esta relación se ajuste a los valores indicados en la tabla 14 en función de la categoría de tráfico pesado y de la zona térmica estival.

TABLA 14 - RELACIÓN PONDERAL RECOMENDABLE DE POLVO MINERAL-LIGANTE EN MEZCLAS BITUMINOSAS TEMPLADAS TIPO DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS

| TIPO DE CAPA | ZONA TÉRMICA ESTIVAL | |
|--------------|----------------------|----------|
| | CÁLIDA Y MEDIA | TEMPLADA |
| RODADURA | 1.2 | 1.1 |
| INTERMEDIA | 1.1 | 1.0 |
| BASE | 1.0 | 0.9 |

1.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Los equipos de trabajo de puesta en obra de las mezclas templadas son totalmente similares a los especificados para las mezclas bituminosas en caliente.

Las centrales de fabricación de MBT pueden ser las mismas plantas, continuas o discontinuas, para la fabricación de MBC adaptadas para ello o plantas específicamente diseñadas para la fabricación de MBT.

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.

1.4.1 CENTRAL DE FABRICACIÓN

Al no existir aún obligación de marcado CE para estas MBT, no ha habido inspección previa de una Entidad Notificada que certifique el control de producción, y con ello verifique el funcionamiento de la central, de acuerdo con lo indicado en la norma UNE-EN 13108/21.

Además de ello, en la actualidad siguen siendo mezclas de uso poco habitual, por lo que se requiere un especial control de las instalaciones que se van a emplear para su fabricación.

Es obligado antes del inicio de los trabajos que la planta haya sido verificada y aceptada por la Dirección de Obra. Los criterios de verificación son los indicados en las fichas de control de instalaciones de AOPJA.

En el caso que se trate de una planta de fabricación de mezclas en caliente adaptada para la fabricación de mezclas bituminosas templadas, quedarán documentadas en la inspección las posibles modificaciones efectuadas en la planta para este fin.

Las mezclas bituminosas templadas se fabricaran en centrales especialmente diseñadas para este tipo de mezclas o en centrales de fabricación de mezclas en caliente que serán adaptadas para poder fabricar este tipo de mezclas.

Estas centrales serán 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.

La central tendrá sistemas separados de almacenamiento y dosificación de 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 medio por ciento ($\pm 0,5\%$), y al menos uno (1) para el polvo mineral y uno (1) para el ligante hidrocarbonado, cuya precisión sea superior al tres por mil ($\pm 0,3\%$).

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 de mezclas bituminosas, la central de fabricación dispondrá de los elementos necesarios para que se cumplan los requisitos y especificaciones recogidas en el apartado 1.5.4.

1.4.2 ELEMENTOS DE TRANSPORTE

| |
|---|
| El producto empleado para evitar la adherencia de la MBT al camión, deberá ser un producto comercial especialmente preparado para ello; no se utilizarán otros como el gasoil o similar que puedan afectar a las características de la MBT. |
|---|

Consistirán en camiones de caja lisa y estanca, perfectamente limpia y que se tratará, para evitar que la mezcla bituminosa se adhiera ella, con un producto cuya composición y dotación deberán ser aprobadas por el Director de las Obras.

La forma y altura de la caja deberá ser tal que, durante el vertido en la extendedora, el camión solo toque a ésta a través de los rodillos previstos al efecto.

Los camiones deberán siempre estar provistos de una lona o cobertor adecuado para proteger la mezcla bituminosa templada durante su transporte.

1.4.3 EQUIPO DE EXTENDIDO

Las extendedoras serán autopropulsadas, y estarán dotadas de los dispositivos necesarios para extender la mezcla bituminosa templada con la geometría y producciones 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 la tolva, así como la potencia, serán adecuadas para el tipo de trabajo que deban desarrollar.

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

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.

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 extendedora se acoplan piezas para aumentar su anchura, éstas deberán quedar perfectamente alineadas con las originales.

1.4.4 EQUIPO DE COMPACTACIÓN

El contener agua para su trabajabilidad obliga a un intenso proceso de compactación, lo cual sólo es posible empleando los equipos adecuados; así es prácticamente imprescindible contar con extendedoras de alta precompactación, y a continuación con unos equipos de compactación con unas características que permitan conseguir la densidad exigida, lo cual deberá verificarse en el preceptivo tramo de prueba.

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 mixtos, y un (1) compactador de neumáticos.

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 aprobadas por el Director de las Obras, y serán las necesarias para conseguir una

compacidad 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.

En los lugares inaccesibles para los equipos de compactación normales, se emplearán otros de tamaño y diseño adecuados para la labor que se pretende realizar y siempre deberán ser autorizados por el Director de las Obras.

1.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

1.5.1 ESTUDIO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

1.5.1.1 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 tras las siguientes operaciones:

- Presentación por parte del contratista de la fórmula de trabajo.
- Verificación por parte del control de recepción de dicha fórmula de trabajo.
- Verificación de la mezcla fabricada en la planta.

Es importante determinar cómo afectan a las características de las mezclas templadas las tolerancias permitidas a su fabricación, en especial los contenidos de ligante (betún residual) lo que deberá ser tenido en cuenta a la hora de fijar las tolerancias.

Estas características que se deben reflejar en la fórmula de trabajo se encuentran detalladamente definidas en el *protocolo número 1 del trabajo de investigación de la Junta de Andalucía; Mezclas bituminosas templadas en Pozoblanco*.

Los protocolos de este trabajo de investigación están adjuntados en los Anejos de estas Recomendaciones.

La Fórmula de Trabajo señalará como mínimo las siguientes características:

- La identificación y proporción de cada fracción de árido en la alimentación y, en su caso, después de su clasificación en caliente.
- La granulometría de los áridos combinados (Curva Granulométrica), incluido el polvo mineral, por los tamices 45 mm; 32 mm; 22 mm; 16 mm; 8 mm; 4 mm; 2 mm; 0,5 mm; 0,25 y 0,063 mm de la UNE EN 933-2/99 expresada en porcentaje de árido total con una aproximación del uno por ciento (1 %) con excepción del tamiz 0,063 que se expresará con aproximación del uno por mil (0,1 %).
- Tipo y características de la emulsión bituminosa.
- La dosificación de ligante residual y, en su caso, la de polvo mineral de aportación, referida a la masa de la mezcla total (incluido dicho polvo mineral).
- Contenido de agua
- Energía de compactación para la preparación de las probetas para:
 - Conseguir el porcentaje de huecos mezcla.

- Para los ensayos de susceptibilidad al agua (inmersión compresión y sensibilidad).
- Las modificaciones de las características de adhesividad y deformación de las mezclas en base a las tolerancias en el contenido óptimo de ligante.

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.
- La temperatura mínima de la mezcla en la descarga desde los elementos de transporte.
- La temperatura mínima de la mezcla al iniciar y terminar la compactación.
- En el caso de que se empleen adiciones se incluirán las prescripciones necesarias sobre su forma de incorporación y tiempo de mezclado.

La temperatura máxima de la mezcla al salir del mezclador no será superior a cien grados Celsius (100 °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 del ligante hidrocarbonado, en la fórmula de trabajo, se determinará en base a:

- La experiencia de casos análogos.
- Los valores de huecos mezcla según el método de ensayo de la norma UNE EN 12697-8. Las probetas para esta determinación se prepararán con la compactadora giratoria y los criterios de compactación establecidos en el apartado 1.5.1.3 de estas Recomendaciones.
- La resistencia conservada obtenida en el ensayo de Inmersión Compresión. Este ensayo se realizará según lo indicado en las normas NLT 161 y 162, fabricando series de probetas con distintos porcentajes de ligante residual, con una presión de compactación que permita alcanzar el 98% de la densidad anteriormente mencionada para el cálculo de huecos, que se curarán durante tres (3) días a cincuenta grados Celsius (50 °C) para proceder después a su ensayo. Se realizará este ensayo con el contenido óptimo de ligante y con este contenido óptimo menos el 0.3 %, (referido al betún residual).
- La deformación permanente obtenida en el ensayo de pista de laboratorio según la norma UNE EN 12697-22 + Anexo1, empleando el dispositivo pequeño y el procedimiento B en aire, sobre probetas compactadas con el compactador de placas con una densidad superior al 98 % de la anteriormente mencionada para el cálculo de huecos. Se realizará este ensayo con el contenido óptimo de ligante y con este contenido óptimo más el 0.3 %, (referido al betún residual).

- Se tendrá en cuenta el ensayo de tracción indirecta tras inmersión, (ensayo de sensibilidad al agua), realizado sobre probetas que se compactarán con la máquina giratoria y los criterios de compactación establecidos en el apartado 1.5.1.5.2 de estas Recomendaciones y que se curarán en las mismas condiciones que las de inmersión (compresión) ensayadas a quince grados Celsius (15 °C), según la UNE-EN12697-12.

Se realizará este ensayo con el contenido óptimo de ligante y con este contenido óptimo menos el 0.3 %, (referido al betún residual).

1.5.1.2 Criterios adicionales

PRT-2E2 100222 MAT POZ. VERIFICACIÓN DE FÓRMULAS DE TRABAJO. RECEPCIÓN Y CONTRASTE

Otro de los aspectos importantes que hay que tener en cuenta con estas mezclas, (con importantes diferencias con las frías y calientes), son los posibles efectos que se pueden producir en los transportes de las muestras, desde los puntos de toma en la obra a los laboratorios para realizar los ensayos de control.

En el caso de las mezclas bituminosas en caliente, el efecto importante que se produce en el transporte de las muestras al laboratorio es su enfriamiento, y lo único que implica es que previo a la ejecución de los ensayos se recalienten de una manera normalizada dichas muestras.

En el caso de las mezclas bituminosas frías, puesto que el control, habitualmente, se reduce al contenido de ligante y granulometría del esqueleto mineral, no importa que en el desplazamiento se pierda el agua para su trabajabilidad.

En el caso de las mezclas templadas, el control de recepción no sólo se limita al análisis de la dotación y granulometría de sus constituyentes, sino que también hay que estudiar otras propiedades para las cuales es importante que la muestra no haya sido alterada en su composición. Significa esto que hay que controlar la posible pérdida de agua en el transporte de las muestras de ensayo al laboratorio. El enfriamiento no sería problema ya que se pueden recalentar las mezclas al igual que en el caso de las calientes.

El transporte de las muestras al laboratorio debe realizarse de acuerdo con lo indicado en el protocolo citado en el recuadro anterior

Para tenerlo en cuenta en los futuros ensayos de control de fabricación, se analizará si después de producirse el enfriamiento de la mezcla, y una vez transcurridas veinticuatro horas desde su fabricación, después de recalentarla a la temperatura descrita, (procedimiento que se emplea usualmente en los ensayos del control de recepción), se obtiene una densidad de referencia similar a la de la Fórmula de Trabajo, con el fin de evaluar si existen diferencias a tener en cuenta respecto a la mezcla recién fabricada, que impida reproducir sus características tras su enfriamiento.

Para capas de rodadura, la fórmula de trabajo de la mezcla bituminosa templada deberá asegurar el cumplimiento de las características de la unidad terminada en lo referente a la macrotextura superficial y a la resistencia al deslizamiento, según lo indicado en el apartado 1.7.4.

Si la marcha de las obras lo aconseja, el Director de las Obras podrá exigir la corrección de la fórmula de trabajo con objeto de mejorar la calidad de la mezcla, justificándolo debidamente mediante un nuevo estudio y los ensayos oportunos. 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.

1.5.1.3 Contenido de huecos. Energía de compactación

Como se ha referido en varias ocasiones, estas Recomendaciones se redactan en base a experiencias realizadas por AOPJA. La preparación de las probetas de estas MBT para los ensayos de determinación de densidad y huecos y los de sensibilidad, se realizará con la compactadora giratoria según lo indicado en UNE EN 12697-31, con las siguientes consideraciones:

DIMENSIONES DE LOS MOLDES

La norma UNE EN 12697-31 indica que para las mezclas de tamaño máximo igual o inferior a 16 mm los moldes pueden ser de 100, 150 o 160 mm de diámetro, y para las mezclas de tamaño máximo superior a 16 mm los moldes serán de 150 o 160 mm de diámetro.

Sin embargo para estas recomendaciones hay que tener en cuenta:

Se están legislando en base a la experiencia de sus homólogas las mezclas bituminosas en caliente, y en España las mezclas bituminosas calientes de tamaño máximo 22 mm se diseñan y ensayan con probetas, compactadas por impacto, de 100 mm de diámetro.

Estas recomendaciones se fundamentan en trabajos experimentales en los que las mezclas templadas hasta tamaño máximo 22 mm se han diseñado y ensayado con probetas compactadas con la máquina giratoria en moldes de diámetro 100 mm, obteniéndose resultados totalmente satisfactorios.

Las probetas de las mezclas bituminosas fabricadas con emulsión requieren tiempos de curado, la duración del curado de las probetas depende de su tamaño. Los tiempos de curado que se dan en estas recomendaciones están referidos a probetas de 100 mm de diámetro. En el caso de emplear probetas de diámetros 150 o 160 mm hay que definir otros plazos que nos aseguren que ha concluido el proceso de curado, lo que se realizaría comprobando que la mezcla fabricada con emulsión ha perdido toda la humedad, (hasta pesada constante de las probetas).

Por todo ello las dimensiones que en estas Recomendaciones se solicitan a las probetas coinciden con lo exigido en España a las mezclas bituminosas en caliente:

Para las mezclas de tamaño máximo de árido igual o inferior a 22 mm las probetas serán de diámetro 100 mm.

Para las probetas de tamaño máximo de árido superior a 22 mm las probetas serán de diámetro 150 mm.

Cuando se tenga la suficiente experiencia en el empleo de probetas de distintos tamaños, se podrá decidir si se mantienen o cambian los criterios establecidos en estas Recomendaciones de dimensiones de las probetas para el diseño y control de las MBT fabricadas con emulsión.

ENERGÍA DE COMPACTACIÓN

Los criterios de diseño decididos para estas MBT se fundamentan en conseguir unos determinados porcentajes de huecos, así la energía de compactación que se empleará para la preparación de las probetas no será una magnitud fija para todas las MBT, sino que esta energía se determinará, para cada mezcla, durante la ejecución de la fórmula de trabajo, y será la necesaria para conseguir los porcentajes de huecos solicitados. Posteriormente los criterios de compactación definidos en la fórmula de trabajo, serán los empleados en el control de fabricación de esa MBT, las densidades de las probetas, así fabricadas, serán la referencia de compactación para su puesta en obra.

De acuerdo con ello, la operativa para decidir esta energía de compactación consiste en:

La norma UNE EN 12697-31 fija los "intervalos de presión de trabajo" (que son los mismos para los distintos tamaños de probetas) por lo tanto, independientemente que se trate de probetas de 100 o 150 mm de diámetro lo que hay que determinar es:

Para las probetas para la determinación de la densidad y porcentaje de huecos: el número de giros necesarios para conseguir fabricar probetas con un intervalo de densidad que permita cumplir con los criterios de huecos establecidos en la tabla 15 de estas Recomendaciones.

La densidad que se obtiene con esta energía de compactación deberá comprobarse que, al menos un 98% de ella, se puede conseguir en el tramo de prueba.

Para las probetas para el ensayo de sensibilidad: el número de giros para conseguir fabricar probetas con un porcentaje de huecos superior en un 2% los indicados en la tabla 15 de estas Recomendaciones.

En el caso de la obra de Pozoblanco, para todas las mezclas fabricadas, las probetas empleadas fueron:

- De 100 mm de diámetro
- La presión de trabajo empleada fue de 600 Kpa y
- El número de giros que se determinó fue de 120 para las probetas empleadas en el ensayo de densidad y huecos y de 80 para las de los ensayos de sensibilidad.

El ángulo de giro será de 0.82°.

El contenido de huecos determinado según el método de ensayo de la UNE-EN12697-8 indicado en el anexo B de la UNE-EN13108-20, deberá cumplir lo establecido en la tabla 15.

TABLA 15 – CONTENIDO DE HUECOS EN MEZCLA (UNE EN 12697-8) EN PROBETAS UNE EN 12697-31 (COMPACTADOR GIRATORIO)

| CARACTERÍSTICAS | | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | | |
|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------|----|
| | | T2 | T3 y arcenes | T4 |
| HUECOS EN MEZCLA (%) | Rodadura | 4 - 7 | 3 - 7 | |
| | Intermedia | 5 - 9 | 4 - 9 | |
| | Base | 6 - 10 | 5 - 10 | – |

La determinación del contenido de huecos se hará sobre probetas preparadas según el tamaño máximo del árido:

- En mezclas con tamaño nominal D inferior o igual a veintidós milímetros ($D \leq 22$ mm), se hará sobre probetas de diámetro cien (100) milímetros.
- En mezclas con tamaño nominal D superior a veintidós milímetros ($D > 22$ mm), la determinación de huecos se hará sobre probetas de diámetro ciento cincuenta (150) milímetros.

La compactación de estas probetas se realizará con la máquina giratoria según el método indicado en la norma UNE EN 12697-31, ajustando la presión de trabajo al intervalo indicado en dicha norma y el número de giros, que se indicará en la fórmula de trabajo, será el necesario para conseguir un porcentaje de huecos aire que cumpla lo exigido en la tabla número 15.

Necesariamente en el tramo de prueba se deberá verificar que se puede conseguir, al menos el 98%, de la densidad definida con esta energía de compactación.

Estas probetas se curarán durante tres (3) días a cincuenta grados Celsius (50 °C) para proceder después a su ensayo.

1.5.1.4 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 16. Este ensayo se hará según la 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, las probetas se prepararán mediante compactador de placa, con el dispositivo de rodillo de acero, según la UNE-EN 12697-33, con una densidad superior al noventa y ocho por ciento (98 %) de la empleada para el cálculo de huecos.

Estas probetas se curarán durante tres (3) días a cincuenta grados Celsius (50 °C), para proceder después a su ensayo.

TABLA 16 - PENDIENTE MEDIA DE DEFORMACIÓN EN EL INTERVALO DE 5000 A 10000 CICLOS. UNE-EN 12697-22 (mm para 10³ ciclos de carga).

| ZONA TÉRMICA ESTIVAL | CAPAS DE RODADURA E INTERMEDIA | | | CAPA BASE |
|----------------------------|--------------------------------|--------------|----|-----------|
| | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | | | |
| | T2 | T3 y arcenes | T4 | T2 y T31 |
| CÁLIDA | 0.07 | 0.10 | - | 0.10 |
| MEDIA | 0.10 | | - | |
| TEMPLADA | 0.10 | - | | |

1.5.1.5 Susceptibilidad al agua

Aunque en la normativa armonizada europea para las mezclas bituminosas en caliente la susceptibilidad al agua de las mezclas solo se estudia con el ensayo de sensibilidad al agua (UNE-EN 12697-12) estas novedosas mezclas templadas, al encontrarse aún en fase de estudio, requieren de análisis basados en la experiencia. En España se tiene mayor experiencia con el ensayo de inmersión compresión (NLT-161/00 y 162/00) que con el nuevo de sensibilidad. Por ello se ha prescrito en estas Recomendaciones decidir los porcentajes óptimos de ligante en base a los resultados del ensayo de inmersión compresión, aunque también se solicita realizar ensayos, en paralelo, de sensibilidad al agua para conocer con mayor detalle estas dos características. Los ensayos de sensibilidad al agua se podrán tener en cuenta en los casos que se obtengan con ellos resultados satisfactorios y sin embargo no sea así con los de inmersión compresión.

1.5.1.5.1 Ensayo de Inmersión Compresión

En la norma de ensayo NLT-161 se establece el método de la preparación de las probetas para los ensayos de compresión simple, esta preparación de probetas es la que emplea la norma NLT-162/00 para el ensayo de inmersión compresión. De acuerdo con estas normas las probetas se preparan con una presión de 210 kgf/cm², sin embargo en el caso de las mezclas templadas puesto que lo que se pretende es ensayar probetas con un determinado número de huecos, es posible que con estas presiones normalizadas las probetas se compacten con una densidad mayor que la proyectada, por ello en el articulado de este apartado 1.5.1.5.1 se indica que el laboratorio deberá de determinar, e indicar en la fórmula de trabajo, la presión de trabajo que se precise para conseguir preparar las probetas con el porcentaje de huecos deseado. Esta presión de trabajo se mantendrá posteriormente en los controles de ejecución de las mezclas en obra.

El ensayo de inmersión-compresión se realizará de acuerdo con lo indicado en las normas NLT-161 y 162. La resistencia conservada en el ensayo de inmersión compresión tendrá un valor mínimo de setenta y cinco por ciento (75 %). Las probetas se prepararán con una presión que consiga una densidad superior al noventa y ocho por ciento (98 %) de la obtenida para el cálculo de huecos.

Las probetas de inmersión compresión se curarán durante tres (3) días a cincuenta grados Celsius (50 °C), para proceder después a su ensayo.

1.5.1.5.2 Ensayo de sensibilidad al agua

El ensayo de sensibilidad al agua se realizará de acuerdo con lo indicado en las normas UNE-EN 12697-12 y UNE-EN 12697-23. La resistencia conservada en el ensayo de sensibilidad será del ochenta por ciento (80%) para capas de base e intermedia, y del ochenta y cinco por ciento (85%) para capas de rodadura.

La determinación de la resistencia conservada se hará sobre probetas preparadas según el tamaño máximo del árido:

- En mezclas con tamaño nominal D inferior o igual a veintidós milímetros ($D \leq 22$ mm), se hará sobre probetas de diámetro cien (100) milímetros.
- En mezclas con tamaño nominal D superior a veintidós milímetros ($D > 22$ mm), la determinación de huecos se hará sobre probetas de diámetro ciento cincuenta (150) milímetros.

La compactación de estas probetas se realizará con la máquina giratoria según el método indicado en la norma UNE-EN 12697-31, ajustando la presión de trabajo al intervalo indicado en dicha norma y el número de giros, que se indicará en la fórmula de trabajo, será el necesario para conseguir un porcentaje de huecos aire superior en un 2% a lo exigido en la tabla número 15.

Los tiempos de curado de las probetas de sensibilidad dependerán del tamaño de dichas probetas, así las de 100 mm de diámetro se curarán durante tres (3) días a cincuenta grados Celsius (50 °C), y las de 150 mm de diámetro, este plazo, en su caso, se ampliará hasta masa constante de las probetas en las condiciones de curado, para proceder después a su ensayo.

Se podrá mejorar la adhesividad entre el árido y el ligante hidrocarbonado mediante activantes directamente incorporados al ligante.

1.5.2 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 templada. 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 lo indicado en las tablas 510.6, 513.8, del PG-3 y en las tablas 17, 18, 19, 20 o 21 de estas Recomendaciones, y sobre ella se ejecutará un riego de imprimación o un riego de adherencia según corresponda dependiendo de su naturaleza, de acuerdo con los artículos 530 ó 531 del PG-3.

Si la superficie estuviese constituida por un pavimento hidrocarbonado, y dicho pavimento fuera heterogéneo, se deberá además, eliminar mediante fresado los excesos de ligante y sellar las zonas demasiado permeables, según 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; asimismo, si ha transcurrido mucho tiempo desde su aplicación, se comprobará 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.

1.5.3 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, observando las precauciones que se detallan a continuación.

Para mezclas con tamaño máximo de árido de dieciséis milímetros (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 mayor número de fracciones, si lo estima necesario para cumplir las tolerancias exigidas a la granulometría de la mezcla en el apartado 1.8.4.1.

Cada fracción del árido se acopiará separada de las demás, para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán sus quince centímetros (15 cm) inferiores, a no ser que se pavimenten. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (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.

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.

1.5.4 FABRICACIÓN DE LA MEZCLA

1.5.4.1 Generalidades

Como ya se ha indicado anteriormente, estas mezclas no están contempladas por normativa europea armonizada, como ocurre con las mezclas bituminosas calientes. No obstante y también mencionado, el objetivo de estas Recomendaciones es redactar una normativa para estas mezclas templadas lo más ajustada posible a las de caliente. Así los criterios de control de producción establecidos en la norma UNE EN 13108-21 y las características de las mezclas tipo hormigón bituminoso recogidas en la norma UNE-EN 13108-1 (Mezclas en caliente tipos hormigones asfálticos) y los indicados en el artículo 542 del PG-3, son tenidos en cuenta para estas mezclas templadas tipo hormigón asfáltico, además de los protocolos redactados en el trabajo de investigación mencionado de las mezclas templadas de Pozoblanco.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrán establecer prescripciones adicionales a las indicadas a continuación.

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 cien (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 utilizasen áridos procedentes del fresado de mezclas bituminosas, en centrales cuyo secador no sea a la vez mezclador, si la alimentación de éste fuera discontinua, después de haber introducido los áridos, se pesarán e introducirán los áridos procedentes del fresado de mezclas bituminosas y después de un tiempo de disgregación, calentado y mezcla, se agregará la emulsión bituminosa, y en su caso los aditivos, para cada amasijo, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado en la fórmula de trabajo. Si la alimentación fuese continua, los áridos procedentes del fresado de mezclas bituminosas se incorporarán 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 aportarán los áridos procedentes del fresado de mezclas bituminosas tras la llama de forma que no exista riesgo de contacto con ella.

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.

1.5.4.2 Temperaturas de fabricación

Las temperaturas de fabricación de la MBT se indicarán en la fórmula de trabajo. La determinación de las temperaturas a las que se llevarán a los áridos y a la emulsión para la fabricación de la MBT, se realizará en base a ensayos de envuelta tal y como se indica en los protocolos mencionados de la obra de Pozoblanco.

Para estas mezclas, la temperatura de fabricación de los 100 °C, se consigue en general calentando únicamente los áridos, aunque en ocasiones, para evitar choques térmicos de importancia o por disminuir la viscosidad de la emulsión, ésta se puede calentar por encima de 60 °C (y siempre por debajo de los 80 °C.)

1.5.5 TRANSPORTE DE LA MEZCLA

La mezcla bituminosa templada se transportará en camiones de la central de fabricación a la extendedora. Para evitar su enfriamiento superficial, deberá protegerse durante el transporte mediante lonas u otros cobertores adecuados. En el momento de descargarla en la extendedora o en el equipo de transferencia, su temperatura no podrá ser inferior a la especificada en la fórmula de trabajo.

1.5.6 EXTENSIÓN DE LA MEZCLA

A menos que el Director de las Obras justifique otra directriz, la extensión comenzará por el borde inferior y se realizará por franjas longitudinales. 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 extendedora y la producción de la central.

En obras sin mantenimiento de la circulación, para las categorías de tráfico pesado T2 o con superficies a extender en calzada superiores a setenta mil metros cuadrados (70 000 m²), se realizará la extensión de cualquier capa bituminosa a ancho completo, trabajando si fuera necesario con dos (2) o más extendedoras 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 aun caliente y en condiciones de ser compactado; en caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal.

La extendedora 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 apartado 1.7.2.

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 aquélla no se detenga. En caso de detención, 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.

Donde resulte imposible, a juicio del Director de las Obras, el empleo de máquinas extendedoras, la mezcla bituminosa templada se podrá poner en obra por otros procedimientos aprobados por aquél. Para ello se descargará fuera de la zona en que se vaya a extender y se distribuirá en una capa uniforme y de 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 apartado 1.7.2.

1.5.7 COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Director de las Obras en función de los resultados del tramo de prueba; 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 temperatura de la mezcla no baje de la mínima prescrita en la fórmula de trabajo y la mezcla se halle en condiciones de ser compactada, hasta que se alcance la densidad especificada en el apartado 1.7.1.

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.

1.5.8 JUNTAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES

Siempre que 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 a la mínima fijada 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, a continuación, se calentará la junta y se extenderá la siguiente franja contra ella.

Las juntas transversales en capas de rodadura se compactarán transversalmente, disponiendo los apoyos precisos para los elementos de compactación.

1.6 TRAMO DE PRUEBA

Los tramos de prueba son necesarios para cualquier unidad de obra en la ejecución de las carreteras.

En los tramos de prueba se debe aceptar:

- La calidad de los materiales y sus fórmulas de trabajo.
- El procedimiento de ejecución
- El control de la ejecución.
- Las características de la unidad terminada.

En el caso de las MBT, además, como consecuencia de la falta de experiencia en estos materiales, se debe valorar las repercusiones que sobre la calidad de las mezclas fabricadas y puestas en obra se pueden producir por acciones que en otros materiales están perfectamente estudiadas, entre otras, como le afectan las tolerancias de fabricación permitidas.

La normativa vigente exige que en el tramo de prueba, para las capas de rodadura, se determinen las características superficiales responsables de la adherencia de los vehículos: macrotextura y resistencia al deslizamiento, sin embargo se limitan a solicitar el ensayo del círculo de arena. Aunque el parámetro de decisión es el coeficiente de rozamiento transversal CRT, esta característica es difícil de determinar en un tramo de prueba, pero se puede conocer el valor del coeficiente de resistencia al deslizamiento CRD, con el péndulo de fricción, lo que nos puede ayudar a estimar el futuro CRT. (Ver PRT-4V3 100222 MAT POZ. CONTROL TR. DE PRUEBA PARA VERIF. DE FÓRMULAS DE TRABAJO. RECEPCIÓN Y CONTRASTE.)

Es importante la obtención rápida de los parámetros que se estudian en los tramos de prueba para evitar retrasar el inicio de la ejecución. Estas mezclas templadas permiten, al igual que las de caliente, la extracción de las probetas testigo al día siguiente de su puesta en obra.

Es importante recordar, que las probetas fabricadas en el laboratorio para la ejecución de los ensayos, precisan de tres días de tiempos de curado.

Antes de iniciarse la puesta en obra de cada tipo de mezcla bituminosa templada será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba, para comprobar:

- Si la mezcla fabricada por la planta se ajusta a la fórmula establecida por el laboratorio.
- Si la forma de actuación de los equipos de extensión y compactación, y, especialmente, el plan de compactación consiguen las especificaciones geométricas y de compactación exigidas por estas Recomendaciones.
- Las tolerancias permitidas en el contenido de humedad de la MBT que garantice su manipulación y 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 comprobarán expresamente:

- La macrotextura superficial obtenida, mediante el método del círculo de arena según la UNE-EN 13036-1, que deberá cumplir los valores establecidos en 1.7.4.

- La determinación del Coeficiente de Resistencia al deslizamiento CRD con el péndulo de fricción según NLT 175/98.

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.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras definirá:

- 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 acciones 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.

Asimismo, 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.

1.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

1.7.1 DENSIDAD

La densidad no deberá ser inferior al siguiente porcentaje de la densidad de referencia, obtenida según lo indicado en 1.8.4.2.1:

- 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%).

1.7.2 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 todos los semiperfiles 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.

1.7.3 REGULARIDAD SUPERFICIAL

De acuerdo con lo establecido en el Pliego de Prescripciones Particulares, el Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la NLT-330, deberá cumplir lo exigido en el Pliego ADAR de la Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía o, en su caso, lo indicado en el PG-3.

1.7.3.1 Especificaciones Pliego ADAR

Las especificaciones indicadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para los Controles de Auscultación Dinámica de Alto Rendimiento (ADAR) para estas mezclas son las indicadas en las siguientes tablas números 17, 18 y 19.

**TABLA 17 - INDICE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm)
 PARA FIRMES DE NUEVA CONSTRUCCION CON TRES CAPAS DE MEZCLA
 BITUMINOSA**

| AUTOVÍAS | | CARRETERAS CONVENCIONALES | |
|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------|
| RODADURA MBT | 50 % < 1.5 | RODADURA MBT | 50 % < 1.5 |
| | 80 % < 1.8 | | 80 % < 2.0 |
| | 100 % < 2.0 | | 100 % < 2.5 |
| 1ª BAJO RODADURA MBT | 50 % < 2.0 | 1ª BAJO RODADURA MBT | 50 % < 2.0 |
| | 80 % < 3.0 | | 80 % < 3.0 |
| | 100 % < 4.0 | | 100 % < 4.0 |
| OTRAS CAPAS DE MBT | 50 % < 3.0 | OTRAS CAPAS DE MBT | 50 % < 3.0 |
| | 80 % < 4.5 | | 80 % < 4.5 |
| | 100 % < 6.0 | | 100 % < 6.0 |

**TABLA 18 - INDICE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm)
 PARA FIRMES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN CON DOS Y UNA CAPAS DE MEZCLA
 BITUMINOSA**

| CARRETERAS CON DOS CAPAS DE MEZCLAS BITUMINOSAS | | CARRETERAS CON UNA CAPA DE MEZCLAS BITUMINOSAS | |
|--|-------------|---|-------------|
| RODADURA MBT | 50 % < 1.8 | RODADURA MBT | 50 % < 2.0 |
| | 80 % < 2.5 | | 80 % < 3.5 |
| | 100 % < 3.0 | | 100 % < 4.5 |
| 1ª BAJO RODADURA MBT | 50 % < 3.0 | - | - |
| | 80 % < 4.5 | | |
| | 100 % < 6.0 | | |

**TABLA 19 - INDICE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm)
PARA OBRAS DE REFUERZO DE FIRME DE CARRETERAS CONVENCIONALES**

| | | | |
|---|-------------|--|-------------|
| Capa de Mezcla bituminosa | 50 % < 1.5 | - | - |
| | 80 % < 2.0 | | |
| | 100 % < 2.5 | | |
| Capa de Mezcla bituminosa | 50 % < 2.0 | Capa de Mezcla bituminosa | 50 % < 1.5 |
| | 80 % < 3.0 | | 80 % < 2.0 |
| | 100 % < 4.0 | | 100 % < 2.5 |
| Capa de regularización de mezcla bituminosa | 50 % < 3.0 | Capa de mezcla bituminosa o control previo sobre mezcla bituminosa que cumple | 50 % < 2.0 |
| | 80 % < 4.5 | | 80 % < 3.0 |
| | 100 % < 6.0 | | 100 % < 4.0 |
| Control previo sobre mezcla bituminosa existente que no cumple | 50 % < 3.5 | Control previo sobre mezcla bituminosa existente que cumple | 50 % < 3.5 |
| | 80 % < 5.0 | | 80 % < 5.0 |
| | 100 % < 6.5 | | 100 % < 6.5 |

1.7.3.2 Especificaciones PG-3

Las especificaciones indicadas en el PG-3 para estas mezclas son las indicadas en las siguientes tablas números 20 y 21.

**TABLA 20 - INDICE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm)
PARA FIRMES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN**

| PORCENTAJE DE HECTÓMETROS | TIPO DE CAPA | | |
|----------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------------|
| | RODADURA E INTERMEDIA | | OTRAS CAPAS BITUMINOSAS |
| | TIPO DE VIA | | |
| | 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 21 - INDICE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm)
PARA FIRMES REHABILITADOS ESTRUCTURALMENTE**

| PORCENTAJE DE HECTÓMETROS | TIPO DE VÍA | | | |
|------------------------------|--------------------------|-------|---------------|-------|
| | CALZADA DE AUTOVÍAS | | RESTO DE VÍAS | |
| | ESPESOR DE RECRECIMIENTO | | | |
| | > 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 |

1.7.4 MACROTEXTURA SUPERFICIAL Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

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

Únicamente a efectos de recepción de capas de rodadura, la macrotextura superficial, obtenida mediante el método del círculo de arena según la UNE-EN 13036-1, y la resistencia al deslizamiento, según la NLT-336, no deberán ser inferiores a los valores indicados en la tabla 22.

TABLA 22 - MACROTEXTURA SUPERFICIAL (UNE-EN 13036-1) Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (NLT-336) DE LAS MEZCLAS PARA CAPAS DE RODADURA

| CARACTERÍSTICA | TIPO DE MEZCLA |
|---|----------------|
| MACROTEXTURA SUPERFICIAL (*) Valor mínimo (mm) | 0.7 |
| RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (**) CRT mínimo (%) | 65 |

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

- (**) PG-3 Medida una vez transcurridos dos meses de la puesta en servicio de la capa.
- (**) ICAFIR Medida una vez transcurrido un invierno de la puesta en servicio de la capa.

1.7.5 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN

Salvo autorización expresa del Director de las Obras, no se permitirá la puesta en obra de mezclas bituminosas templadas:

- 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.
- Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas.

La apertura al tráfico de la capa ejecutada se podrá realizar cuando lo permita la maduración de la MBT, lo que se puede comprobar siendo posible la extracción de probetas testigo de longitud igual a todo el espesor de la capa.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en su defecto el Director de las Obras decidirá, una vez terminada la compactación, cuando se podrá abrir a la circulación la capa ejecutada.

1.8 CONTROL DE CALIDAD

El Control de Calidad de cualquier unidad de obra debe plantearse según la siguiente secuencia:

- Control previo a la ejecución.
- Control de procedencia de los materiales constituyentes.
- Control de recepción de los materiales constituyentes.
- Control de la fabricación de la MBT. (Fabricación de planta).
- Control de la puesta en obra de la MBT. (Extensión y compactación).
- Control de la unidad terminada.

El control previo a la ejecución consiste en el control de la documentación y verificación de las instalaciones.

Como ya se ha indicado anteriormente las mezclas bituminosas templadas aún no disponen de marcado CE, pero sí sus componentes como son los áridos o las emulsiones. Tanto en el control documental como en el de recepción de estos materiales hay que tener en cuenta lo exigido por su normativa armonizada de acuerdo con la Directiva Europea 89/106/CEE.

1.8.1 CONTROL PREVIO A LA EJECUCIÓN

El control previo a la ejecución consistirá en:

- Control documental.
- Visita de verificación de la planta de fabricación de la MBT.

1.8.1.1 Control documental

Código Técnico Parte 1. Artículo 7.2.1 Control de la documentación de los suministros

Los suministradores entregarán al constructor, quien los facilitará al director de la obra, los documentos de identificación del producto exigidos por la normativa de obligado cumplimiento y, en su caso, por el proyecto o por la dirección facultativa. Esta documentación comprenderá, al menos, los siguientes documentos:

- a) los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado;*
- b) el certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física; y*
- c) los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al marcado CE de los productos de construcción, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposición de las Directivas Europeas que afecten a los productos suministrados.*

En el caso de productos que deban tener el marcado CE según la Directiva 89/106/CEE, para el control de procedencia de los materiales, se llevará a cabo la verificación documental de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE cumplen las especificaciones establecidas en estas Recomendaciones. No obstante, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras, podrá disponer la realización de

comprobaciones o ensayos adicionales sobre los materiales que considere oportunos, al objeto de asegurar las propiedades y la calidad establecidas en este artículo.

En el caso de productos que no dispongan de marcado CE, el suministrador deberá presentar:

- Ficha técnica del producto.
- Verificación técnica de que cada partida de producto entregado cumple con lo indicado en la ficha técnica.

1.8.1.2 Verificación de las instalaciones.

Es facultad de la Dirección de Obra aceptar las distintas instalaciones de fabricación de materiales que se colocarán en la obra.
AOPJA tiene definidos una serie de protocolos de informes de inspección de instalaciones.
En estas Recomendaciones se ha decidido como obligatorio que la Dirección de Obra “acepte” la planta de fabricación de las MBT, pudiendo para ello emplear el modelo de informe de inspección de plantas bituminosas de AOPJA.

Se realizará una visita de inspección de la instalación de acuerdo con los criterios y fichas de inspección elaboradas por AOPJA.

Tras la cual se documentará:

- Origen y control de los materiales constituyentes.
- Fórmulas de trabajo.
- Procedimiento de fabricación.
- Control de producción.

1.8.2 CONTROL DE PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES

1.8.2.1 Ensayos de control de procedencia del ligante hidrocarbonado. Emulsión bituminosa

Será de aplicación lo indicado en el artículo 213 especificado en la OC 29/2011.

1.8.2.2 Ensayos de control de procedencia de los áridos

Si los áridos a emplear disponen de marcado CE, los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia de los áridos no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de lo que establezca el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, ni de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

En el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el párrafo anterior, de cada procedencia del árido, y para cualquier volumen de producción previsto se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada fracción de ellas se determinará:

- El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según UNE-EN 1097-2.
- El coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso para capas de rodadura, según la UNE-EN 1097-8.
- La densidad relativa y absorción del árido grueso y del árido fino, según la UNE-EN 1097-6.
- La granulometría de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.
- El equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, el índice de azul de metileno según el anexo A de la UNE-EN 933-9.
- La proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.
- La proporción de impurezas del árido grueso, según el anexo C de la UNE 146130.
- El índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3

1.8.2.3 Ensayos de control de procedencia del polvo mineral de aportación

Si el polvo mineral a emplear dispone de marcado CE, los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de lo que establezca el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, ni de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

En el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el párrafo anterior, de cada procedencia del polvo mineral de aportación, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y con ellas se determinará la densidad aparente, según el Anexo A de la UNE-EN 1097-3, y la granulometría, según la UNE-EN 933-10.

1.8.3 CONTROL DE CALIDAD, RECEPCIÓN, DE LOS MATERIALES

1.8.3.1 Control de calidad de recepción del ligante hidrocarbonado. Emulsión bituminosa.

Será de aplicación lo indicado en el artículo 213 especificado en la OC 29/2011.

1.8.3.2 Control de calidad de recepción de los áridos

Se examinará la descarga al acopio o alimentación de las tolvas en frío, desechando los áridos que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo. Se acopiarán aparte aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto,

tal como distinta coloración, segregación, lajas, plasticidad, etc., y se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores y los accesos.

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 23:

- Análisis granulométrico de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.
- Según lo que establezca el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, el índice de azul de metileno, según el anexo A de la UNE-EN 933-9.

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

- Índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3.
- Proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.
- Proporción de impurezas del árido grueso, según el anexo C de la UNE 146130.

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

- Coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN1097-2.
- Coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso para capas de rodadura, según la UNE-EN 1097-8.
- Densidad relativa y absorción del árido grueso y del árido fino, según la UNE-EN 1097-6.

Para los áridos que tengan marcado CE, la comprobación de estas cuatro últimas propiedades de los áridos podrá llevarse a cabo mediante la verificación documental 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 comprobaciones o ensayos adicionales sobre estas propiedades si lo considera oportuno.

1.8.3.3 Control de calidad de recepción del polvo mineral

En el caso de polvo mineral de aportación, sobre cada partida que se reciba se realizarán los siguientes ensayos:

- Densidad aparente, según el Anexo A de la UNE-EN 1097-3,
- Análisis granulométrico del polvo mineral, según la UNE-EN 933-10.

Para el polvo mineral que no sea de aportación se realizarán los siguientes ensayos:

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

- Densidad aparente, según el Anexo A de la UNE-EN 1097-3.

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

- Análisis granulométrico del polvo mineral, según la UNE-EN 933-10.

1.8.4 CONTROL DE EJECUCIÓN

1.8.4.1 Fabricación

No existen normas específicas para el control de calidad de las mezclas bituminosas templadas. Para este control emplearemos la normativa vigente para las mezclas en caliente "adaptadas" a las singularidades de las mezclas templadas con emulsión. Esta adaptación está recogida en los protocolos redactados en el trabajo de investigación de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía sobre las mezclas templadas de Pozoblanco (Córdoba). A continuación se extracta algunos de sus artículos.

PRT-9 V3 100322 MBT POZ. INSTRUCCIONES TÉCNICAS DE ENSAYOS

Las mezclas bituminosas templadas (MBT), confeccionadas con emulsión, presentan características intermedias, que las asemejan a la vez que las diferencian, de las mezclas en calientes o frías. Así, precisan de una cierta cantidad de agua para su trabajabilidad, (similar a las mezclas en frío), y para ensayos del control de calidad se preparan probetas en el laboratorio similares a las de las mezclas en caliente.

Estas diferencias condicionan, de una manera importante, a los procedimientos de ensayo que han sido normalizados para los otros tipos de mezclas bituminosas.

Entre otras, las características que hay que controlar son las posibles pérdidas de humedad en el transporte, que no se determine como ligante el contenido de agua residual de las mezclas, fijar los criterios de preparación y maduración de las probetas para los ensayos mecánicos de estas mezclas, y, en su caso, las diferencias en los ensayos de estas probetas respecto a lo normalizado.

RECIPIENTE PARA EL TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS

Una vez tomada la muestra de acuerdo con la norma indicada, se transfiere, para su transporte al laboratorio, a un recipiente hermético resistente al calor y que no se altere en con el contacto de la MBT

Estos pueden ser los cubos de plástico con homologación UIN empleados habitualmente como envase de las mezclas prefabricadas en frío.

PLAZOS MÁXIMOS PARA LOS ENSAYOS EN EL LABORATORIO

El tiempo máximo que transcurrirá desde la toma de muestras hasta la realización de los ensayos en el laboratorio dependerá del tipo de ensayo y de las condiciones que deban mantener las muestras.

Se determinará la variación máxima de humedad que se permita a las muestras para que los ensayos sean válidos. (Se analizarán los tiempos permitidos para el control de obra, 12, 24 o 72 horas).

Es conveniente que este plazo máximo no supere las 48 horas.

En el informe de ensayos se indicará los tiempos transcurridos desde la toma de muestras hasta el inicio de los ensayos en el laboratorio.

Se determinará la humedad de las muestras en el momento del inicio de los ensayos.

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE LIGANTE. SECADO DE LAS MUESTRAS.

Previo a la determinación del contenido de ligante, la muestra para ensayo se secará, hasta peso constante, en una estufa con aire forzado, a una temperatura de 105° C.

Se tomará diariamente un mínimo de dos (2) muestras, según la 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, según la UNE-EN 933-1.
- Equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, el índice de azul de metileno, según el anexo A de la UNE-EN 933-9, del árido combinado.
- Contenido de humedad de los áridos

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, según la UNE-EN 933-1, que cumplirá las tolerancias indicadas en este apartado. Al menos semanalmente, 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.

Para todas las mezclas, se tomarán muestras a la descarga del mezclador, y con ellas se efectuaran los siguientes ensayos:

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

El contenido de humedad de estas MBT es fundamental para su correcta puesta en obra. En la fórmula de trabajo se especificará el porcentaje de humedad de referencia y en los tramos de prueba se analizará las tolerancias admisibles que permita conseguir la compactación exigida.

- Control del aspecto de la mezcla y medición de su temperatura. Se rechazarán todas las mezclas segregadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma y aquéllas cuya envuelta no sea homogénea.
- Se tomarán muestras de la mezcla fabricada y se determinará sobre ellas el contenido de humedad según UNE-EN 12697-14, el contenido de ligante, según UNE-EN 12697-1 y la granulometría de los áridos extraídos, según la UNE-EN 12697-2, con la frecuencia de ensayo indicada en la tabla 23 correspondiente al nivel de control X definido en el anexo A de la norma UNE-EN 13108-21 y al nivel de conformidad (NFC) determinado por el método del valor medio de cuatro (4) resultados definido en ese mismo anexo.

TABLA 23 - FRECUENCIA MÍNIMA DE ENSAYO PARA DETERMINACIÓN DE GRANULOMETRÍA DE ÁRIDOS EXTRAÍDOS Y CONTENIDO DE LIGANTE (toneladas/ensayo)

| Nivel de frecuencia | NCF A | NCF B | NCF C |
|---------------------|-------|-------|-------|
| X | 600 | 300 | 150 |

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

- Tamices superiores al 2 mm de la UNE-EN 933-2: $\pm 4\%$
- Tamiz 2 mm de la UNE-EN 933-2: $\pm 3\%$
- Tamices comprendidos entre el 2 mm y el 0,063 mm de la UNE-EN 933-2: $\pm 2\%$
- Tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2: $\pm 1\%$

La tolerancia admisible, en más o en menos, respecto de la dotación de ligante hidrocarbonado, (porcentaje de betún residual), de la fórmula de trabajo será del tres por mil ($\pm 0,3\%$) en masa del total de mezcla bituminosa (incluido el polvo mineral), sin bajar del mínimo especificado en la tabla 13 de estas Recomendaciones.

Se deberán llevar a cabo obligatoriamente 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 1.5.1 y con la frecuencia de ensayo que determine el Director de las Obras.

- Resistencia a las deformaciones plásticas mediante el ensayo de pista de laboratorio, según UNE-EN 12697-22.

Es importante determinar la susceptibilidad al agua de estas mezclas.
Puesto que en la actualidad nos encontramos en una fase de estudio de este tipo de mezclas, la susceptibilidad al agua se realizará en base a los ensayos de inmersión compresión y de sensibilidad al agua.

Cuando se cambien el suministro o la procedencia y como mínimo una vez cada siete (7) días o cuando el Director de las Obras lo considere oportuno para asegurar alguna característica relacionada con la adhesividad y cohesión de la mezcla, se realizarán los ensayos de susceptibilidad al agua:

- La resistencia conservada a compresión en el ensayo de inmersión compresión. (NLT-161/00 y 162/00). La preparación de las probetas y los valores solicitados serán los indicados en el apartado 1.5.1.5.1. de estas Recomendaciones.
- La resistencia conservada a tracción indirecta en el ensayo de sensibilidad. (UNE-EN 12697/12 y UNE-EN 12697-23). La preparación de las probetas y los valores solicitados serán los indicados en el apartado 1.5.1.5.2. de estas Recomendaciones.

1.8.4.2 Puesta en obra

1.8.4.2.1 Extensión

Es muy importante, para el correcto control de estas MBT, que el laboratorio cuide, especialmente, las temperaturas de fabricación y compactación de las probetas.

Antes de verter la mezcla del elemento de transporte a la tolva de la extendedora 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 1.7.5 de estas Recomendaciones.

Al menos una (1) vez al día, y al menos una (1) vez por lote, se tomarán muestras y se prepararán probetas según el tamaño nominal del árido:

Sobre esas probetas se determinará el contenido de huecos, según UNE-EN 12697-8, y la densidad aparente, según UNE-EN 12697-6 con el método de ensayo indicado en el anexo B de la UNE-EN 13108-20.

La preparación de las probetas será:

- En mezclas con tamaño nominal D inferior o igual a veintidós milímetros ($D \leq 22$ mm), se hará sobre probetas de diámetro cien (100) milímetros.
- En mezclas con tamaño nominal D superior a veintidós milímetros ($D > 22$ mm), la determinación de huecos se hará sobre probetas de diámetro ciento cincuenta (150) milímetros.

La compactación de estas probetas se realizará con la máquina giratoria según el método indicado en la norma UNE EN 12697-31, siendo la energía de compactación la indicada en el apartado 1.5.1.3 de estas Recomendaciones, y por tanto el número de giros serán los determinados para la realización de la fórmula de trabajo.

Los tiempos de curado de las probetas dependerán del tamaño de dichas probetas:

- Las de cien milímetros (100 mm) de diámetro se curarán durante tres (3) días a cincuenta grados Celsius (50 °C).
- Las de ciento cincuenta milímetros (150 mm) de diámetro, este plazo, en su caso, se ampliará hasta masa constante de las probetas en las condiciones de curado.

Se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del apartado 1.8.5.

Para cada uno de los lotes, se determinará la densidad de referencia para la compactación, definida por el valor medio de los últimos cuatro (4) valores de densidad aparente obtenidos en las probetas mencionadas anteriormente.

A juicio del Director de las Obras se podrán llevar a cabo sobre algunas de estas muestras, ensayos de comprobación de la dosificación de ligante, según UNE-EN 12697-1 y de la granulometría de los áridos extraídos, según UNE-EN 12697-2.

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

1.8.4.2.2 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, peso total y 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.

1.8.5 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 templada:

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

La extracción de probetas testigo se realizará lo más pronto posible según se vayan ejecutando los lotes de obra. Es importante contar con prontitud con el dato de compactación que permita, en el caso de resultados no satisfactorios, tomar las medidas oportunas.

Los resultados de los ensayos que se realizan sobre las probetas testigos dependen de una manera muy importante de la calidad de la extracción de estas muestras, ello obliga al laboratorio responsable de la toma a que ésta se ajuste a lo exigido por la norma, para lo cual hay que contar con operarios con la suficiente experiencia y equipos en perfecto estado para su uso.

Se extraerán testigos en puntos aleatoriamente situados, en número no inferior a cinco (5) por lote, y se determinarán su densidad y espesor, según la UNE-EN 12697-6 considerando las condiciones de ensayo que figuran en el anexo B de la UNE-EN 13108-20.

Se controlará la regularidad superficial del lote a partir de las veinticuatro horas (24 h) de su ejecución y siempre antes de la extensión de la siguiente capa mediante la determinación del índice de regularidad internacional (IRI), según la NLT-330 calculando un solo valor del IRI para cada hectómetro del perfil auscultado, que se asignará a dicho hectómetro, y así sucesivamente hasta completar el tramo medido que deberá cumplir lo especificado en el apartado 1.7.3. La comprobación de la regularidad superficial de toda la longitud de la obra, en capas de rodadura, tendrá lugar además antes de la recepción definitiva de las obras.

En capas de rodadura, se realizarán los ensayos siguientes, que deberán cumplir lo establecido en la tabla 22:

- Medida de la macrotextura superficial, según la UNE-EN 13036-1, antes de la puesta en servicio de la capa, en cinco (5) puntos del lote aleatoriamente elegidos de forma que haya al menos uno por hectómetro (1/hm).
- Determinación de la resistencia al deslizamiento, según la NLT-336, una vez transcurridos dos (2) meses de la puesta en servicio de la capa, en toda la longitud del lote.

1.9 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

1.9.1 DENSIDAD

La densidad media obtenida no deberá ser inferior a la especificada en el apartado 1.7.1; no más de tres (3) individuos de la muestra ensayada podrán presentar resultados individuales que bajen de la prescrita en más de dos (2) puntos porcentuales.

Si la densidad media obtenida es inferior a la especificada en el apartado 1.7.1, se procederá de la siguiente manera:

- Si la densidad media obtenida es inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad de referencia, se levantará la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado mediante fresado y se repondrá por cuenta del Contratista.
- Si la densidad media obtenida no es inferior al noventa y cinco por ciento (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.

1.9.2 ESPESOR

El espesor medio obtenido no deberá ser inferior al especificado en el apartado 1.7.2; no más de tres (3) individuos de la muestra ensayada podrán presentar resultados individuales que bajen del especificado en más de un diez por ciento (10%).

Si el espesor medio obtenido en una capa fuera inferior al especificado en el apartado 1.7.2, se procederá de la siguiente manera:

1.9.2.1 Para capas de base:

- Si el espesor medio obtenido en una capa de base fuera inferior al ochenta por ciento (80%) del especificado en el apartado 1.7.2, se rechazará la capa debiendo el Contratista por su cuenta levantar la capa mediante fresado y reponerla o extender de nuevo otra capa sobre la rechazada si no existieran problemas de gálibo.
- Si el espesor medio obtenido en una capa de base fuera superior al ochenta por ciento (80%) del especificado en el apartado 1.7.2, y no existieran problemas de encharcamiento, se compensará la merma de la capa con el espesor adicional correspondiente en la capa superior por cuenta del Contratista.

1.9.2.2 Para capas intermedias:

- Si el espesor medio obtenido en una capa intermedia fuera inferior al noventa por ciento (90%) del especificado en el apartado 1.7.2, se rechazará la capa debiendo el Contratista por su cuenta levantar la capa mediante fresado y reponerla o extender de nuevo otra capa sobre la rechazada si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.
- Si el espesor medio obtenido en una capa intermedia fuera superior al noventa por ciento (90%) del especificado en el apartado 1.7.2, y no existieran problemas de encharcamiento, se aceptará la capa con una penalización económica del diez por ciento (10%).

1.9.2.3 Para capas de rodadura:

- Si el espesor medio obtenido en una capa de rodadura fuera inferior al especificado en el apartado 1.7.2, se rechazará la capa debiendo el Contratista por su cuenta levantar la capa mediante fresado y reponerla o extender de nuevo otra capa sobre la rechazada si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

1.9.3 REGULARIDAD SUPERFICIAL

Si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden los límites establecidos en el apartado 1.7.3, se procederá de la siguiente manera:

- Si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden los límites establecidos en el apartado 1.7.3 en más del diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado o de la longitud total de la obra para capas de rodadura, se extenderá una nueva capa de mezcla bituminosa con el espesor que determine el Director de las Obras por cuenta del Contratista.
- Si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden los límites establecidos en el apartado 1.7.3 en menos del diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado o de la longitud total de la obra para capas de rodadura, se corregirán los defectos de regularidad superficial mediante fresado 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.

1.9.4 MACROTEXTURA SUPERFICIAL Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

En capas de rodadura, el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial no deberá resultar inferior al valor previsto en la tabla 22. No más de un (1) individuo de la muestra ensayada podrá presentar un resultado individual inferior a dicho valor en más del veinticinco por ciento (25%) del mismo.

Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta inferior al valor previsto en la tabla 22, se procederá de la siguiente manera:

- Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta inferior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 22, se extenderá una nueva capa de rodadura por cuenta del Contratista.
- Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta superior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 22, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).

En capas de rodadura, el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento no deberá ser inferior al valor previsto en la tabla 22. No más de un cinco por ciento (5%) de la longitud total medida de cada lote, podrá presentar un resultado inferior a dicho valor en más de cinco (5) unidades.

Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al valor previsto en la tabla 22, se procederá de la siguiente manera;

- Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 22, se extenderá una nueva capa de rodadura por cuenta del Contratista.
- Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta superior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 22, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).

1.10 MEDICIÓN Y ABONO

Únicamente cuando la capa de asiento no fuera construida bajo el mismo Contrato, se podrá abonar la comprobación y, en su caso, reparación de la superficie existente, por metros cuadrados (m²) realmente ejecutados.

La preparación de la superficie existente no es objeto de abono, ni está incluida en esta unidad de obra. El riego de adherencia se abonará según lo prescrito en el artículo 531 del PG-3.

La fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas templadas tipo hormigón bituminoso se abonará por toneladas (t), según su tipo, medidas multiplicando las anchuras señaladas para cada capa en los Planos del Proyecto por los espesores medios y densidades medias deducidas de los ensayos de control de cada lote. En dicho abono se considerará incluido el de los áridos, el procedente del fresado de mezclas bituminosas, si lo hubiere, y el del polvo mineral. No serán de abono las creces laterales, ni los aumentos de espesor por corrección de mermas en capas subyacentes.

El ligante hidrocarbonado empleado en la fabricación de mezclas bituminosas templadas se abonará por toneladas (t) obtenidas multiplicando la medición abonable de fabricación y puesta en obra, por la dotación media de ligante deducida de los ensayos de control de cada lote. En ningún caso será de abono el empleo de activantes o aditivos al ligante, así como tampoco el ligante residual del material fresado de mezclas bituminosas, si lo hubiera.

El polvo mineral de aportación y las adiciones a la mezcla bituminosa, solo 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 abonable de fabricación y puesta en obra de cada lote, por la dotación media.

1.11 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD

Independientemente del marcado CE de los áridos y de las emulsiones, el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado, que cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de

carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según ámbito) o los Organismos españoles públicos y privados autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1095, de 28 de diciembre.

NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO

Protocolos del trabajo de investigación de la Junta de Andalucía; Mezclas bituminosas templadas en Pozoblanco.

NLT-161/00 Resistencia a compresión simple de mezclas bituminosas.

NLT-162/00 Efecto del agua sobre la cohesión de las mezclas bituminosas compactadas. (Ensayo de inmersión-compresión).

NLT-175/73 Coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo del TRRL

NLT-330 Cálculo del índice de regularidad Internacional (IRI) en pavimentos de carreteras.

NLT-336 Determinación de la resistencia al deslizamiento con el equipo de medida del rozamiento transversal.

UNE 146130:2000 Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras áreas pavimentadas.

UNE-EN 932-1:1997 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.

UNE-EN 933-1:1998 y UNE-EN 933-1:1998/A1:2006 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado

UNE-EN 933-2/1M: 1999 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.

UNE-EN 933-3:1997 y UNE-EN 933-3/A1:2004 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.

UNE-EN 933-5:1999 y UNE-EN 933-5:1999/A1:2005 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.

UNE-EN 933-8:2000 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.

UNE-EN 933-9:2010 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.

UNE-EN 933-10:2010 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 10: Evaluación de los finos. Granulometría de los fillers (tamizado en corriente de aire).

UNE-EN 1097-2:2010 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.

UNE-EN 1097-3:1999 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 3: Determinación de la densidad aparente y la porosidad.

UNE-EN 1097-6:2001 y UNE-EN 1097-6:2001/A1:2006 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua.

UNE-EN 1097-8:2010 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8: Determinación del coeficiente de pulimento acelerado.

UNE-EN 1744-3:2003 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 3: Preparación de eluatos por lixiviación de áridos.

UNE-EN 1426:2007 Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la penetración con aguja.

UNE-EN 1427:2007 Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del punto de reblandecimiento. Método del anillo y bola.

UNE-EN 1428:2000 Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del contenido de agua en las emulsiones bituminosas. Método de destilación azeotrópica.

UNE-EN 1429:2009 Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del residuo por tamizado de las emulsiones bituminosas, y determinación de la estabilidad al almacenamiento por tamizado.

UNE-EN 1430:2009 Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la polaridad de las partículas de las emulsiones bituminosas

UNE-EN 12697-2:2003+A1:2007 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas.

UNE-EN 12697-6:2003+A1:2007 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático.

UNE-EN 12697-8:2003 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.

UNE-EN 12697-12:2009 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de las probetas de mezcla bituminosa.

UNE-EN 12697-14:2001 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 14: Contenido de agua.

UNE-EN 12697-22:2008+A1:2008 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 22: Ensayo de rodadura.

UNE-EN 12697-23:2004 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 23: Determinación de la resistencia a tracción indirecta de probetas bituminosas.

UNE-EN 12697-26:2006 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 26: Rigidez.

UNE-EN 12697-27:2001 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 27: Toma de muestras.

UNE-EN 12697-31:2008 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 31: Preparación de la muestra mediante compactador giratorio.

UNE-EN 12697-33:2006+A1:2007 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placa.

UNE-EN 12846-1:2011 Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del tiempo de fluencia por medio de un viscosímetro de flujo. Parte 1: Emulsiones bituminosas.

UNE-EN 12847:2009 Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la tendencia a la sedimentación de las emulsiones bituminosas

UNE-EN 13036-1:2010 Características superficiales de carreteras y aeropuertos. Métodos de ensayo. Parte 1: Medición de la profundidad de la macrotextura superficial del pavimento mediante el método volumétrico.

UNE-EN 13075-1:2009 Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del comportamiento a la rotura. Parte 1: Determinación del índice de rotura de las emulsiones bituminosas catiónicas. Método de la carga mineral.

UNE-EN 13108-1:2008 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso.

UNE-EN 13108-20:2007 y UNE-EN 13108-20:2007/AC: 2009 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo.

UNE-EN 13108-21:2007 y UNE-EN 13108-21:2007/AC: 2009 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica.

UNE-EN 13398:2010 Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la recuperación elástica de los betunes modificados.

UNE-EN 13588:2008 Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la cohesión de los ligantes bituminosos mediante el ensayo del péndulo.

UNE-EN 13614:2011 Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la adhesividad de las emulsiones bituminosas por inmersión en agua.

UNE-EN 13805:2005 y UNE-EN 13808:2005/1M: 2011. Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de las emulsiones bituminosas catiónicas.

Orden Circular 29/2011 Sobre el pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes PG-3. Artículo 213 emulsiones bituminosas

ARTÍCULO 2. MEZCLAS BITUMINOSAS TEMPLADAS TIPO HORMIGÓN BITUMINOSO, FABRICADAS CON BETÓN

2.1 DEFINICIÓN. CARACTERÍSTICAS GENERALES.

- 2.1.1 DEFINICIÓN.
- 2.1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN.

2.2 MATERIALES.

- 2.2.1 LIGANTES HIDROCARBONADOS. BETUNES
- 2.2.2 ÁRIDOS.
 - 2.2.2.1 Árido grueso.
 - 2.2.2.1.2 Definición del árido grueso.
 - 2.2.2.1.3 Procedencia del árido grueso.
 - 2.2.2.1.4 Angulosidad del árido grueso. (Porcentaje de partículas trituradas).
 - 2.2.2.1.5 Forma del árido grueso. (Índice de lajas).
 - 2.2.2.1.6 Resistencia a la fragmentación del árido grueso. (Coeficiente de desgaste los Ángeles).
 - 2.2.2.1.7 Resistencia al pulimento del árido grueso para capas de rodadura. (Coeficiente de pulido acelerado).
 - 2.2.2.1.8 Limpieza del árido grueso. (Contenido de impurezas).
 - 2.2.2.2 Árido fino.
 - 2.2.2.2.1 Definición del árido fino.
 - 2.2.2.2.2 Procedencia del árido fino.
 - 2.2.2.2.3 Limpieza del árido fino.
 - 2.2.2.2.4 Resistencia a la fragmentación del árido fino.
 - 2.2.2.3 Polvo mineral.
 - 2.2.2.3.1 Definición del polvo mineral.
 - 2.2.2.3.2 Procedencia del polvo mineral.
 - 2.2.2.3.2.1 Polvo mineral de recuperación.
 - 2.2.2.3.2.2 Polvo mineral de aportación.
 - 2.2.2.3.3 Granulometría del polvo mineral.
 - 2.2.2.3.4 Finura y actividad del polvo mineral.
- 2.2.2.4 Aditivos.

2.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA.

- 2.3.1 DESIGNACIÓN.
- 2.3.2 GRANULOMETRÍA.
- 2.3.3 CONTENIDO DE LIGANTE.

2.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

- 2.4.1 CENTRAL DE FABRICACIÓN.
- 2.4.2 ELEMENTOS DE TRANSPORTE.
- 2.4.3 EQUIPO DE EXTENDIDO.
- 2.4.4 EQUIPO DE COMPACTACIÓN.

2.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

- 2.5.1 ESTUDIO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO.
 - 2.5.1.1 Principios generales.
 - 2.5.1.2 Criterios adicionales
 - 2.5.1.3 Contenido de huecos. Energía de compactación.
 - 2.5.1.4 Resistencia a la deformación permanente.
 - 2.5.1.5 Susceptibilidad al agua.
 - 2.5.1.5.1 Ensayo de Inmersión Compresión.
 - 2.5.1.5.2 Ensayo de sensibilidad al agua.
- 2.5.2 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE EXISTENTE.
- 2.5.3 APROVISIONAMIENTO DE ÁRIDOS.
- 2.5.4 FABRICACIÓN DE LA MEZCLA.
 - 2.5.4.1 Generalidades.
 - 2.5.4.2 Temperaturas de fabricación.
- 2.5.5 TRANSPORTE DE LA MEZCLA.
- 2.5.6 EXTENSIÓN DE LA MEZCLA.
- 2.5.7 COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA.
- 2.5.8 JUNTAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES.

2.6 TRAMO DE PRUEBA.

2.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA.

- 2.7.1 DENSIDAD.
- 2.7.2 RASANTE, ESPESOR Y ANCHURA.
- 2.7.3 REGULARIDAD SUPERFICIAL.
 - 2.7.3.1 Especificaciones Pliego ADAR.
 - 2.7.3.2 Especificaciones PG-3.
- 2.7.4 MACROTEXTURA SUPERFICIAL Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO.
- 2.7.5 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN.

2.8 CONTROL DE CALIDAD.

- 2.8.1 CONTROL PREVIO A LA EJECUCIÓN
 - 2.8.1.1 Control documental.
 - 2.8.1.2 Verificación de las instalaciones.
- 2.8.2 CONTROL DE PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES.
 - 2.8.2.1 Ensayos de control de procedencia del ligante hidrocarbonado. Betún.
 - 2.8.2.2 Ensayos de control de procedencia de los áridos.

- 2.8.2.3 Ensayos de control de procedencia del polvo mineral.
- 2.8.3 CONTROL DE CALIDAD, RECEPCIÓN, DE LOS MATERIALES.
 - 2.8.3.1 Control de calidad de recepción del ligante hidrocarbonado. Betún.
 - 2.8.3.2 Control de calidad de recepción de los áridos.
 - 2.8.3.3 Control de calidad de recepción del polvo mineral.
- 2.8.4 CONTROL DE EJECUCIÓN.
 - 2.8.4.1 Fabricación.
 - 2.8.4.2 Puesta en obra.
 - 2.8.4.2.1 Extensión.
 - 2.8.4.2.2 Compactación.
- 2.8.5 CONTROL DE RECEPCIÓN DE LA UNIDAD TERMINADA.

2.9 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO.

- 2.9.1 DENSIDAD.
- 2.9.2 ESPESOR.
 - 2.9.2.1 Para capas de base.
 - 2.9.2.2 Para capas intermedias.
 - 2.9.2.3 Para capa de rodadura.
- 2.9.3 REGULARIDAD SUPERFICIAL.
- 2.9.4 MACROTEXTURA SUPERFICIAL Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO.

2.10 MEDICIÓN Y ABONO.

2.11 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD.

NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO.

2.1 DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS GENERALES

2.1.1 DEFINICIÓN

Se define como mezcla Bituminosa Templada tipo hormigón bituminoso con betún como ligante hidrocarbonado, la combinación de éste, áridos (incluido el polvo mineral) con granulometría continua y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas queden recubiertas por una película homogénea de ligante. La temperatura máxima a la salida del mezclador de estas mezclas será de 100 °C.

La ejecución de las mezclas bituminosas templadas incluye las siguientes operaciones:

- Estudio de los materiales constituyentes.
- Verificación de las instalaciones de producción.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Ejecución de los tramos de prueba.
- Fabricación de la mezcla de acuerdo con la fórmula de trabajo.
- Transporte de la mezcla al lugar de empleo.
- Preparación de la superficie que va a recibir la mezcla.
- Extensión y compactación de la mezcla.
- Control de calidad: previo a la ejecución, control de recepción, control de la ejecución y control de la unidad terminada.

2.1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Este tipo de mezcla podrá utilizarse, inicialmente, para las categorías de tráfico pesado T2 a T4. Para tráficos superiores se deberá hacer un estudio específico justificativo.

2.2 MATERIALES

| |
|---|
| <p>De acuerdo con la Directiva Europea de productos para la construcción 89/106/ CEE, los fabricantes están obligados a disponer del marcado CE para los productos sujetos a esta directiva, como son los áridos y los ligantes. Las mezclas bituminosas templadas no están aún sujetas a la Directiva Europea para los productos de construcción 89/106/CEE.</p> |
|---|

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en:

- El Real Decreto 1630/92 (modificado por el Real Decreto 1328/95), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE; en particular, en lo referente a los

procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

- Lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.
- Lo dispuesto en el Real Decreto 105/2008 y en la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados.

2.2.1 LIGANTE HIDROCARBONADO. BETÚN

Estas Recomendaciones se fundamentan en experiencias de mezclas bituminosas templadas fabricadas con betunes. Se tendrá en cuenta las especificaciones para el empleo de betunes para la pavimentación para su utilización en la construcción y mantenimiento de carreteras, regulada por la norma armonizada UNE-EN 12591 y la norma UNE-EN 14023.

Los betunes se ajustarán a lo indicado en la norma UNE-EN 12591 *Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de betunes para pavimentación y la norma UNE-EN 14023 Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de los betunes modificados con polímeros*

El fabricante deberá contar con toda la documentación que esta normativa le exija.

El tipo de ligante a emplear estará en función del tipo de capa, tráfico y zona climática según se recoge en las tablas 1 y 2.

TABLA 1. TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR EN CAPA DE RODADURA Y SIGUIENTE

| ZONA TÉRMICA ESTIVAL | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | | |
|-----------------------------|------------------------------------|----------------------|-------------------|
| | T2 y T31 | T32 y arcenes | T4 |
| CÁLIDA | B40/50 B60/70 BM-3b | B60/70 | B60/70 B80/100 |
| MEDIA | B60/70 BM-3b | B60/70 B80/100 | |
| TEMPLADA | B60/70 B80/100 BM-3b | | |

TABLA 2. TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR EN CAPA BASE

| ZONA TÉRMICA ESTIVAL | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO |
|----------------------|-----------------------------|
| | T2 y T3 |
| CÁLIDA | B60/70 |
| MEDIA | B60/70 B80/100 |
| TEMPLADA | B80/100 |

Las características mínimas que debe definir el fabricante de los betunes que se emplearán en la fabricación de mezclas bituminosas templadas serán las indicadas en la tabla 3 (requisitos especificados en la OC 29/2011)

TABLA 3. CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS REQUERIDAS PARA EL CONTROL DEL BETÚN

| Característica del betún | Normas UNE |
|--|--------------------------------------|
| Penetración a 25°C | UNE-EN 1426 |
| Punto de reblandecimiento | UNE-EN 1427 |
| Resistencia al envejecimiento a 163 °C | UNE-EN 12607-1 |
| Variación de masa | UNE-EN 12607-1 |
| Penetración retenida | UNE-EN 1426 |
| Punto de reblandecimiento | UNE-EN 1427 |
| Índice de penetración | UNE-EN 12591 UNE-EN 13924 Anejo A |
| Punto de inflamación | UNE-EN-ISO 2592 |
| Punto de fragilidad fraass | UNE-EN 12593 |
| Solubilidad | UNE EN 12592 (**) |
| Fuerza ductilidad seguido de tracción a baja velocidad | EN 13589 y(*) EN 13703(*) |
| Estabilidad al almacenamiento (***) | UNE- EN 13399 (*) |
| Diferencia de punto de reblandecimiento | UNE-EN 1427(*) |
| Diferencia de penetración | UNE-EN 1426 (*) |
| Recuperación elástica | UNE-EN 13398 (*) |

(*) Los ensayos marcados se aplicarán cuando se trate de betunes modificados con polímeros

(**) Solo a betunes convencionales

(***) Únicamente exigible a los ligantes que no se fabriquen “in situ”

2.2.2 ÁRIDOS

Son objetivos ecológicos, como consecuencia de las reducciones de las temperaturas de fabricación y puesta en obra, los que fomentan el empleo de las mezclas bituminosas templadas.

Además, estas mezclas resultan especialmente idóneas para emplear cantidades próximas al 30% en plantas convencionales en caliente como constituyentes, de mezclas bituminosas recicladas. En el apartado 2.2 de estas Recomendaciones se indica como legislación de referencia al Real Decreto 105/2008 de gestión de RCD y la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados, transposición de la Directiva marco de residuos.

Sin embargo estas Recomendaciones se limitan al diseño, fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas templadas tipo hormigón bituminoso de una manera similar al de las mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso, (UNE EN 13108-1), limitando la proporción, como constituyente, de mezcla bituminosa reciclada al 10%.

El empleo de dotaciones de material bituminoso reciclado superiores a estos porcentajes requieren estudios particulares referentes al origen de la mezcla bituminosa reciclada, al tipo y propiedades de los áridos que las constituyen, homogeneidad de la mezcla en cuanto a la cantidad y características del betún, así como definir los tipos de capa y tráfico para los que podrían ser empleadas.

Como ya se ha indicado, se redactará un artículo específico de mezclas bituminosas templadas constituidas con altas dotaciones de mezcla bituminosa reciclada.

Los áridos a emplear en las mezclas bituminosas templadas podrán ser naturales o artificiales, siempre que cumplan las especificaciones recogidas en este artículo.

Podrán emplearse como áridos para capas de base e intermedia el material procedente del fresado de mezclas bituminosas en caliente en proporciones inferiores al diez por ciento (10%) de la masa total de mezcla.

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.

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.

Antes de pasar por el secador de la central de fabricación, el equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8, de la arena empleada, será superior a cincuenta (50), o en caso de no cumplirse esta condición, su valor de azul de metileno, según el anexo A de la UNE-EN 933-9, será inferior a diez (10) y, simultáneamente, el equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8, será superior a cuarenta (40).

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. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras u otras capas del firme, o contaminar corrientes de agua.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, deberá fijar los ensayos para determinar la inalterabilidad del material. Si se considera conveniente, para caracterizar los componentes solubles de los áridos de cualquier tipo, naturales, artificiales o procedentes del fresado de mezclas bituminosas, que puedan ser

lixiviados y significar un riesgo potencial para el medioambiente o para los elementos de construcción situados en sus proximidades, se empleará la UNE-EN 1744-3.

El árido procedente del fresado de mezclas bituminosas se obtendrá de la disgregación por fresado o trituración de capas de mezcla bituminosa. En ningún caso se admitirán áridos procedentes del fresado de mezclas bituminosas que presenten deformaciones plásticas (roderas). Se determinará la granulometría del árido recuperado, según la 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 UNE-EN 933-2

El árido obtenido del fresado de mezclas bituminosas, cumplirá las especificaciones de los apartados 2.2.2.1, 2.2.2.2 ó 2.2.2.3, en función de su granulometría obtenida según la UNE-EN12697-2.

2.2.2.1 Árido grueso

2.2.2.1.1 Definición del árido grueso

Se define como árido grueso a la parte del árido total retenida en al tamiz 2 mm de la UNE-EN 933-2.

Las características que identifican al árido grueso en la etiqueta del marcado CE deberán satisfacer las siguientes exigencias:

2.2.2.1.2 Procedencia del árido grueso

El árido grueso podrá proceder de cualquier origen natural o artificial siempre que cumpla las especificaciones fijadas por estas Recomendaciones en función del tipo de capa y categoría de tráfico pesado.

2.2.2.1.3 Angulosidad del árido grueso. (Porcentaje de partículas trituradas)

La proporción de partículas total y parcialmente trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5, deberá cumplir lo fijado en la tabla 4.

TABLA 4. PROPORCIÓN DE PARTICULAS TOTAL Y PARCIALMENTE TRITURADAS DEL ÁRIDO GRUESO (% en masa)

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

(*) En vías de servicio

Adicionalmente, la proporción de partículas totalmente redondeadas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5, deberá cumplir lo fijado en la tabla 5.

TABLA 5. PROPORCIÓN DE PARTICULAS TOTALMENTE REDONDEADAS DEL ÁRIDO GRUESO (% en masa)

| TIPO DE CAPA | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | | |
|--------------|-----------------------------|--------------|----------|
| | T2 | T3 y arcenes | T4 |
| RODADURA | 0 | ≤ 1 | ≤ 10 |
| INTERMEDIA | | | ≤ 10 (*) |
| BASE | ≤ 1 | ≤ 10 | - |

(*) En vías de servicio

2.2.2.1.4 Forma del árido grueso. (Índice de lajas)

El índice de lajas de las distintas fracciones del árido grueso, según la UNE-EN 933-3, deberá cumplir lo fijado en la tabla 6.

TABLA 6. ÍNDICE DE LAJAS DEL ÁRIDO GRUESO

| CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | | |
|-----------------------------|---------------|----|
| T2 a T3A | T3B y arcenes | T4 |
| ≤ 25 | ≤ 30 | |

2.2.2.1.5 Resistencia a la fragmentación del árido grueso. (Coeficiente de desgaste los Ángeles)

El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2, deberá cumplir lo fijado en la tabla 7.

TABLA 7. COEFICIENTE DE LOS ÁNGELES DEL ÁRIDO GRUESO

| TIPO DE CAPA | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | | |
|--------------|-----------------------------|--------------|----------|
| | T2 | T3 y arcenes | T4 |
| RODADURA | ≤ 20 | ≤ 25 | |
| INTERMEDIA | ≤ 25 | | ≤ 25 (*) |
| BASE | ≤ 30 | | - |

(*) En vías de servicio

2.2.2.1.6 Resistencia al pulimento del árido grueso para capas de rodadura. (Coeficiente de pulimento acelerado, CPA)

El coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso a emplear en capas de rodadura, según la UNE-EN1097-8, deberá cumplir lo fijado en la tabla 8.

TABLA 8. COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERADO DEL ÁRIDO GRUESO PARA CAPAS DE RODADURA

| CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | |
|-----------------------------|-------------------|
| T2 a T3A | T3B, T4 y arcenes |
| ≥ 50 | ≥ 44 |

2.2.2.1.7 Limpieza del árido grueso. (Contenido de impurezas)

El árido grueso deberá estar exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

El contenido de finos del árido grueso, determinado conforme a la UNE-EN 933-1 como el porcentaje que pasa por el tamiz 0,063 mm, será inferior al cinco por mil (0,5%) en masa.

Adicionalmente, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá especificar que el contenido de impurezas del árido grueso, según el anexo C de la UNE 146130, sea inferior al cinco por mil (0,5%) 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 limpieza por lavado, aspiración u otros métodos previamente aprobados, y una nueva comprobación.

2.2.2.2 Árido fino

2.2.2.2.1 Definición del árido fino

Se define como árido fino a la parte del árido total cernida por el tamiz 2 mm y retenida por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.

Las características que identifican al árido fino en la etiqueta del marcado CE deberán satisfacer las siguientes exigencias:

2.2.2.2.2 Procedencia del árido fino

El árido fino deberá proceder de la trituración de piedra de cantera o grava natural en su totalidad, o en parte de yacimientos naturales.

La proporción de árido fino no triturado a emplear en la mezcla deberá cumplir lo fijado en la tabla 9.

TABLA 9. PROPORCIÓN DE ÁRIDO FINO NO TRITURADO (*) A EMPLEAR EN LA MEZCLA
(% en masa del total de áridos, incluido el polvo mineral)

| CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | |
|------------------------------------|-------------------------|
| T2 | T3, T4 y arcenes |
| 0 | ≤ 10 |

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

2.2.2.2.3 Limpieza del árido fino

El árido fino deberá estar exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga y otras materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

2.2.2.2.4 Resistencia a la fragmentación del árido fino

El material que se triture para obtener árido fino deberá cumplir las condiciones exigidas al árido grueso en el 2.2.2.1.5 sobre el coeficiente de Los Ángeles

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 (25) para capas de rodadura e intermedias y a treinta (30) para capas de base.

2.2.2.3 Polvo mineral

2.2.2.3.1 Definición de polvo mineral

Se define como polvo mineral a la parte del árido total cernida por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.

2.2.2.3.2 Procedencia del polvo mineral

2.2.2.3.2.1 Polvo mineral de recuperación

Es el polvo mineral (filler) que procede de los áridos, se separa de ellos por medio de los ciclones de la planta de fabricación.

2.2.2.3.2.2 Polvo mineral de aportación

En este caso el polvo mineral es un producto comercial o especialmente preparado para su empleo como filler. Estos productos están obligados a disponer de marcado CE.

La proporción del polvo mineral de aportación a emplear en la mezcla deberá cumplir lo fijado en la tabla 10.

**TABLA 10. PROPORCIÓN DE POLVO MINERAL DE APORTACIÓN
 (% en masa del resto de polvo mineral, excluido el inevitable adherido a los áridos)**

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

En la fabricación de mezclas templadas será difícil cumplir con los requisitos de la tabla 10 dado que existe una proporción de arena húmeda, definida en la fórmula de trabajo, que se incorpora directamente al mezclador y por tanto sin la eliminación previa del filler.
 Por ello a continuación se especifican, en su caso, los criterios para aceptar proporciones de filler de aportación diferentes al indicado en la tabla 10.

En el caso de no poder cumplir con los requisitos especificados en la Tabla 10 se establecen los siguientes criterios para, aceptando otras proporciones de filler de aportación, se aseguren las características de las mezclas bituminosas:

- Para todas las mezclas para tráficos T2, y para todas las empleadas como capa de rodadura independientemente del tipo de tráfico, el porcentaje de filler de aportación será como mínimo de un 2%, (porcentaje sobre la masa de áridos incluido el filler).
- El equivalente de arena del árido combinado será superior a 50.
- Cumplimiento de los valores de resistencia conservada en los ensayos de inmersión-compresión y de sensibilidad al agua indicados en los apartados 2.5.1.5.1 y 2.5.1.5.2, respectivamente, de estas Recomendaciones.

2.2.2.3.3 Granulometría del polvo mineral

La granulometría del polvo mineral se determinará según UNE-EN 933-10. El cien por cien (100%) de los resultados de análisis granulométricos debe quedar dentro del huso granulométrico general definido en la tabla 11.

Adicionalmente, el noventa por cien (90%) de los resultados de análisis granulométricos basados en los últimos veinte (20) valores obtenidos, deben quedar incluidos dentro de un huso granulométrico más estrecho, cuyo ancho máximo en los tamices correspondientes a 0,125 y 0,063 mm no supere el diez por ciento (10%).

TABLA 11. ESPECIFICACIONES PARA LA GRANULOMETRIA DEL POLVO MINERAL

| ABERTURA DEL TAMIZ (mm) | Huso granulométrico general para resultados individuales. Cernido acumulado (% en masa) | Intervalo máximo del huso restringido (% en masa) |
|--------------------------------|--|--|
| 2 | 100 | - |
| 0.125 | 85 a 100 | 10 |
| 0.063 | 70 a 100 | 10 |

2.2.2.3.4 Finura y actividad del polvo mineral

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

2.2.2.4 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. La dosificación y dispersión homogénea del aditivo deberán ser aprobadas por el Director de las Obras.

En cualquier caso se permitirá el empleo de estos aditivos para conseguir mejorar las propiedades de las mezclas fabricadas. Siempre con la aprobación del Director de Obra.

2.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

No existe aún normativa armonizada europea para las mezclas bituminosas templadas. Por su similitud, estas Recomendaciones se ajustan a la normativa vigente para las mezclas bituminosas en caliente tipo hormigón bituminoso, la norma UNE EN 13108-1 y el artículo 542 del PG-3. Se utilizará como nomenclatura de designación de este tipo de mezclas una adaptación de la indicada en la norma citada UNE EN 13108-1. En cuanto a la granulometría, en principio las experiencias realizadas nos permiten mantener los husos de sus homólogas en caliente. Para la fabricación de mezclas templadas con esta tecnología, al incorporarse un determinado porcentaje de arena fría directamente en el mezclador, se tendrá en cuenta en el ajuste granulométrico del árido combinado, el contenido de filler de la arena fría adicionada.

2.3.1 DESIGNACIÓN

La designación de las mezclas bituminosas templadas tipo hormigón bituminoso se hará adaptando a este tipo de mezclas la nomenclatura establecida en la UNE-EN 13108-1.

En esta designación se añadirá delante de las letras AC las MBT, indicando con ello el tipo de mezcla y se complementará con información sobre el tipo de granulometría que corresponda a la mezcla: densa, semidensa o gruesa, 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 UNE-EN 13108-1, se añadirá la letra D, S o G después de la indicación del tamaño máximo de árido, según se trate de una mezcla densa, semidensa o gruesa, respectivamente.

Como ligante se especificará el tipo de betún de acuerdo con lo indicado en el apartado 2.2.1 de estas Recomendaciones.

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

| | | | | |
|--------|---|---------------|---------|---------------|
| MBT AC | D | surf/bin/base | “betún” | granulometría |
|--------|---|---------------|---------|---------------|

Donde:

MBT AC indica que la mezcla es del tipo Mezcla Bituminosa Templada.

D es el tamaño máximo del árido, expresado como la abertura del tamiz que deja pasar entre un noventa y un cien por cien (90 y 100 %) del total del árido.

surf/bin/base se indicará con estas abreviaturas si la mezcla se va a emplear en capa de rodadura, intermedia o base, respectivamente.

“ligante” se debe incluir la designación del tipo de betún utilizado.

granulometría se indicará con la letra D, S o G si el tipo de granulometría corresponde a una mezcla densa (D), semidensa (S) o gruesa (G) respectivamente.

2.3.2 GRANULOMETRÍA

La granulometría del árido obtenido combinando las distintas fracciones de los áridos (incluido el polvo mineral), según la unidad de obra o empleo, deberá estar comprendida dentro de alguno de los husos fijados en la tabla 12. El análisis granulométrico se hará según la UNE-EN 933-1.

TABLA 12. HUSOS GRANULOMÉTRICOS. CERNIDO ACUMULADO (% en masa)

| TIPO DE MEZCLA (*) | | ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm) | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|---|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 45 | 32 | 22 | 16 | 8 | 4 | 2 | 0,5 | 0,25 | 0,063 |
| Densa | MBT AC 16 | — | — | 100 | 90-100 | 64-79 | 44-59 | 31-46 | 16-27 | 11-20 | 4-8 |
| | MBT AC 22 | — | 100 | 90-100 | 73-88 | 55-70 | | | | | |
| Semidensa | MBT AC 16 | — | — | 100 | 90-100 | 60-75 | 35-50 | 24-36 | 11-21 | 7-15 | 3-7 |
| | MBT AC 22 | — | 100 | 90-100 | 70-88 | 50-66 | | | | | |
| | MBT AC 32 | 100 | 90-100 | | 68-82 | 48-63 | | | | | |
| Gruesa | MBT AC 22 | — | 100 | 90-100 | 65-86 | 40-60 | 18-32 | 7-18 | 4-12 | 2-5 | |
| | MBT AC 32 | 100 | 90-100 | | 58-76 | 35-54 | | | | | |

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

El tipo de mezcla bituminosa templada a emplear en función del tipo y del espesor de la capa del firme, se definirá en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares según la tabla 13.

Los espesores de las capas serán los mismos que lo indicado para sus homólogas de caliente en el artículo 542 del PG-3, con la salvedad que para las mezclas de tamaño máximo 16 el espesor mínimo será de 5 centímetros.

TABLA 13 – TIPO DE MEZCLA A UTILIZAR EN FUNCIÓN DEL TIPO Y ESPESOR DE LA CAPA

| TIPO DE CAPA | ESPESOR (cm) | TIPO DE MEZCLA |
|-------------------|--------------|---|
| RODADURA | 5 | MBT AC16 Surf D MBT AC16 Surf S |
| | > 5 | MBT AC22 Surf D MBT AC22 Surf S |
| INTERMEDIA | 5 - 10 | MBT AC22 Bin D MBT AC22 Bin S MBT AC32 Bin S |
| BASE | 7 - 15 | MBT AC32 Base S MBT AC22 Base G MBT AC32 Base G |
| Arcenes * | 5 - 6 | MBT AC16 Surf D |

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

2.3.3 CONTENIDO DE LIGANTE

En la siguiente tabla número 14 se indican los contenidos mínimos de ligante que se exigen para las MBT.

La dosificación mínima de ligante, en porcentaje del peso total de árido combinado seco, incluido el polvo mineral no será inferior a los valores indicados en la tabla 14.

TABLA 14. DOTACIÓN MÍNIMA DE LIGANTE

| TIPO DE CAPA | % EN MASA DE DOTACIÓN MÍNIMA DE LIGANTE | |
|--------------|--|--|
| | Respecto del peso total del árido combinado seco incluido el polvo mineral | Respecto del peso total de la mezcla incluido el polvo mineral |
| Rodadura | 4.7 | 4.5 |
| Intermedia | 4.2 | 4.0 |
| Base | 3.8 | 3.6 |

En el caso de que la densidad de los áridos 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 14 se deben corregir multiplicando por el factor $\lambda = 2.65 / P_d$; donde P_d es la densidad de la partículas del árido.

La relación ponderal entre los contenidos de polvo mineral y ligante hidrocarbonado de las mezclas densas, semidensas y gruesas, estará comprendida entre 0.9 y 1.4 (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), recomendándose, que esta relación se ajuste a los valores indicados en la tabla 15 en función de la categoría de tráfico pesado y de la zona térmica estival.

TABLA 15. RELACIÓN PONDERAL RECOMENDABLE DE POLVO MINERAL-LIGANTE EN MEZCLAS BITUMINOSAS TEMPLADAS TIPO DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS

| TIPO DE CAPA | ZONA TÉRMICA ESTIVAL | |
|-------------------|----------------------|----------|
| | CÁLIDA Y MEDIA | TEMPLADA |
| RODADURA | 1.2 | 1.1 |
| INTERMEDIA | 1.1 | 1.0 |
| BASE | 1.0 | 0.9 |

2.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Los equipos de trabajo de puesta en obra de las mezclas templadas son los mismos que los empleados para las bituminosas en caliente.

Las centrales de fabricación podrán ser plantas de fabricación de mezclas bituminosas en caliente continuas o discontinuas preparadas para la fabricación de mezclas templadas, en las que se pueda controlar las temperaturas en el rango de estas mezclas así como la posibilidad de adición de la arena húmeda, y el agua de aportación requerida a través de dispositivos específicos, directamente en el mezclador.

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.

2.4.1 CENTRAL DE FABRICACIÓN

Estas mezclas aún no disponen de la obligación de marcado CE, y por lo tanto no ha habido inspección previa de una Entidad Notificada de acuerdo con lo indicado en la serie normativa UNE-EN 13108. Además de ello, en la actualidad siguen siendo mezclas de uso poco habitual, por lo que se requiere un especial control de las instalaciones que se van a emplear para su fabricación. Es obligado antes del inicio de los trabajos que la planta haya sido verificada y aceptada por la Dirección de Obra. Los criterios de verificación son los indicados en las fichas de control de instalaciones de AOPJA. En el caso que se trate de una planta de fabricación de mezclas en caliente adaptada para la fabricación de mezclas bituminosas templadas, quedarán documentadas en la inspección las modificaciones efectuadas en la planta para este fin.

Las mezclas bituminosas templadas se fabricaran en centrales especialmente diseñadas para este tipo de mezclas o en centrales de fabricación de mezclas en caliente que serán adaptadas para poder fabricar este tipo de mezclas.

Estas centrales serán 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.

La central tendrá sistemas separados de almacenamiento y dosificación de 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 medio por ciento ($\pm 0,5\%$), y al menos uno (1) para el polvo mineral y uno (1) para el ligante hidrocarbonado, cuya precisión sea superior al tres por mil ($\pm 0,3\%$).

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 de mezclas bituminosas, la central de fabricación dispondrá de los elementos necesarios para que se cumplan los requisitos y especificaciones recogidas en el apartado 2.5.4.

2.4.2 ELEMENTOS DE TRANSPORTE

Consistirán en camiones de caja lisa y estanca, perfectamente limpia. La forma y altura de la caja deberá ser tal que, durante el vertido en la extendedora, el camión solo toque a ésta a través de los rodillos previstos al efecto.

Los camiones deberán siempre estar provistos de una lona o cobertor adecuado para proteger la mezcla bituminosa templada durante su transporte.

No se requerirá el empleo de disolventes para evitar la adherencia de la mezcla bituminosa en la caja de camión.

2.4.3 EQUIPO DE EXTENDIDO

Las extendedoras serán autopropulsadas, y estarán dotadas de los dispositivos necesarios para extender la mezcla bituminosa templada con la geometría y producciones 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 la tolva, así como la potencia, serán adecuadas para el tipo de trabajo que deban desarrollar.

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

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.

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 extendedora se acopiaran piezas para aumentar su anchura, éstas deberán quedar perfectamente alineadas con las originales.

2.4.4 EQUIPO DE COMPACTACIÓN

La humedad necesaria para su trabajabilidad, obliga a un cuidadoso proceso de compactación, lo cual sólo es posible contando con los equipos adecuados que permitan conseguir la densidad requerida, lo cual deberá verificarse en el preceptivo tramo de prueba.

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 mixtos, y un (1) compactador de neumáticos.

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 aprobadas por el Director de las Obras, y serán las necesarias para conseguir una compacidad 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.

En los lugares inaccesibles para los equipos de compactación normales, se emplearán otros de tamaño y diseño adecuados para la labor que se pretende realizar y siempre deberán ser autorizados por el Director de las Obras.

2.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

2.5.1 ESTUDIO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

2.5.1.1 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 tras las siguientes operaciones:

- Presentación por parte del contratista de la fórmula de trabajo.
- Verificación por parte del control de recepción de dicha fórmula de trabajo.
- Verificación de la mezcla fabricada en la planta.

Es importante determinar cómo afectan a las características de las mezclas templadas las tolerancias permitidas a su fabricación, en especial los contenidos de ligante, lo que deberá ser tenido en cuenta a la hora de fijar las tolerancias. Las tolerancias permitidas serán las mismas que se describen para las mezclas en caliente según lo indicado en el PG-3.

Las características de este tipo de mezclas se reflejan en la fórmula de trabajo cuya obtención se describe en los protocolos de trabajo desarrollados.

Para asegurar las características de la mezcla previamente a la ejecución de la obra se procederá a su comprobación con una fabricación inicial en planta y con la realización de un tramo de prueba.

La Fórmula de Trabajo señalará como mínimo las siguientes características:

- La identificación y proporción de cada fracción de árido en la alimentación y, en su caso, después de su clasificación en caliente.
- La granulometría de los áridos combinados (Curva Granulométrica), incluido el polvo mineral, por los tamices 45 mm; 32 mm; 22 mm; 16 mm; 8 mm; 4 mm; 2 mm; 0,5 mm; 0,25 y 0,063 mm de la UNE EN 933-2, expresada en porcentaje de árido total con una aproximación del uno por ciento (1 %) con excepción del tamiz 0,063 que se expresará con aproximación del uno por mil (0,1 %).
- Tipo y características del betún
- La dosificación de ligante y, en su caso, la de polvo mineral de aportación, referida a la masa de la mezcla total (incluido dicho polvo mineral)
- Las características de la arena (humedad, granulometría)
- Las modificaciones de las características de adhesividad y deformación de las mezclas en base a las tolerancias en el contenido óptimo de ligante.
- Energía de compactación para la compactación de las probetas utilizando la compactadora giratoria
- Temperatura de inicio y final de compactación
- Tiempo de mezclado dentro del proceso de fabricación de la mezcla
- En el caso de que se empleen adiciones se incluirán las prescripciones necesarias sobre su forma de incorporación y tiempo de mezclado
- La humedad de la mezcla

La fórmula de trabajo se desarrollará según lo establecido en el protocolo de trabajo correspondiente, y será comprobada en planta a través de una fabricación de mezcla templada teniendo en cuenta las características propias de la mezcla definiendo en este caso características como:

- Temperaturas de los áridos y ligante
- Dosificación de arena fría en función de su humedad y granulometría
- Dosificación adicional de agua de aportación

Por otro lado las temperaturas de puesta en obra inicial y final tras la compactación se evaluarán en el tramo de prueba que se ejecute antes de iniciar la obra.

La temperatura máxima de la mezcla al salir del mezclador no será superior a cien grados Celsius (100° 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, en la fórmula de trabajo, se determinará en base a:

- La experiencia de casos análogos.
- El estudio de las características de la misma mezcla en caliente en base a todas las características de la mezcla
- La resistencia conservada obtenida en el ensayo de Inmersión Compresión, este ensayo se realizará de acuerdo con las normas NLT- 161 y 162 con una presión de compactación que permita alcanzar el 98% de la densidad en s.s.s Marshall obtenida por impacto de la mezcla en caliente.
Se realizará este ensayo con el contenido óptimo de ligante y con este contenido óptimo menos el 0.3 %.
- La deformación permanente obtenida en el ensayo de pista de laboratorio según la norma UNE-EN 12697-22 + Anexo1, empleando el dispositivo pequeño y el procedimiento B en aire, y compactando las probetas con un número de pasadas que permita alcanzar el 98% de la densidad s.s.s. Marshall obtenida por impacto de la mezcla en caliente.
Se realizará este ensayo con el contenido óptimo de ligante y con este contenido óptimo más el 0.3 %.
- Los valores de huecos en mezcla según el método de ensayo de la norma UNE-EN 12697-8.
La compactación de estas probetas se realizará fabricando probetas por compactación giratoria aplicando un número de giros que permita alcanzar la densidad geométrica obtenida para la misma mezcla en caliente compactando las probetas por impacto aplicando 75 golpes por cara.
- La susceptibilidad al agua se determinará según el ensayo de sensibilidad al agua a través del ensayo de tracción indirecta en seco y tras inmersión, ensayada a quince grados Celsius (15°C), según la UNE-EN 12697-12.
Se realizará este ensayo con el contenido óptimo de ligante y con este contenido óptimo menos el 0.3 %.
La compactación de estas probetas se realizará fabricando probetas por compactación giratoria aplicando un número de giros que permita alcanzar la densidad geométrica obtenida para la misma mezcla en caliente compactando las probetas por impacto aplicando 50 golpes por cara.

2.5.1.2 Criterios adicionales

Otro de los aspectos importantes que hay que tener en cuenta con estas mezclas, (con importantes diferencias con las frías y calientes), son los posibles efectos que se pueden producir en los transportes de las muestras, desde los puntos de toma en la obra a los laboratorios para realizar los ensayos de control.

En el caso de las mezclas bituminosas en caliente, el efecto importante que se produce en el transporte de las muestras al laboratorio es su enfriamiento, y lo único que implica es que previo a la ejecución de los ensayos se recalienten de una manera normalizada dichas muestras.

En el caso de las mezclas bituminosas frías, puesto que el control, habitualmente, se reduce al contenido de ligante y granulometría del esqueleto mineral, no importa que en el desplazamiento se pierda el agua para su trabajabilidad.

En el caso de las mezclas templadas, el control de recepción no sólo se limita al análisis de la dotación y granulometría de sus constituyentes, sino que también hay que estudiar otras propiedades para las cuales es importante que la

*muestra no haya sido alterada en su composición. Significa esto que hay que controlar la posible pérdida de agua en el transporte de las muestras de ensayo al laboratorio. El enfriamiento no sería problema ya que se pueden recalentar las mezclas al igual que en el caso de las calientes. Por tanto hay que:
Analizar las condiciones de transporte de las muestras al laboratorio. Pérdida de agua de trabajabilidad.*

Para tenerlo en cuenta en los futuros ensayos de control de fabricación, se analizará si después de producirse el enfriamiento de la mezcla, y una vez transcurridas veinticuatro horas desde su fabricación, después de recalentarla a la temperatura descrita, (procedimiento que se emplea usualmente en los ensayos del control de recepción), se obtiene una densidad de referencia similar a la de la Fórmula de Trabajo, con el fin de evaluar si existen diferencias a tener en cuenta respecto a la mezcla recién fabricada, que impida reproducir sus características tras su enfriamiento.

Para capas de rodadura, la fórmula de trabajo de la mezcla bituminosa templada deberá asegurar el cumplimiento de las características de la unidad terminada en lo referente a la macrotextura superficial y a la resistencia al deslizamiento, según lo indicado en el apartado 2.7.4.

Si la marcha de las obras lo aconseja, el Director de las Obras podrá exigir la corrección de la fórmula de trabajo con objeto de mejorar la calidad de la mezcla, justificándola debidamente mediante un nuevo estudio y los ensayos oportunos. 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.

2.5.1.3 Contenido de huecos. Energía de compactación.

Como se ha referido en varias ocasiones, estas Recomendaciones se redactan en base a experiencias realizadas por AOPJA. La preparación de las probetas de estas MBT, para los ensayos de determinación de densidad y huecos, se realizará con la compactadora giratoria según lo indicado en UNE-EN 12697-31. De acuerdo con esta norma quedan prefijados los intervalos de presión de trabajo de 600 kPa, pero hay que determinar, para cada mezcla, la energía de compactación, es decir, el número de giros. El número de giros necesarios a aplicar será el correspondiente para alcanzar la densidad geométrica obtenida para la mezcla en caliente compactada mediante impacto aplicando 75 golpes por cara. Esta compactación se realizará empleando moldes de 100 mm para las mezclas con tamaño de árido menor o igual a 22 mm. Se emplearán moldes de 150 mm para las mezclas con tamaño superior a 22 mm según se recoge en la norma UNE EN 12697-31. El ángulo de giro será de 0.82°. Estas energías de compactación que se determinan para la ejecución de las fórmulas de trabajo se mantendrán posteriormente en el control de ejecución.

El contenido de huecos determinado según el método de ensayo de la UNE-EN12697-8 indicado en el anexo B de la UNE-EN13108-20, deberá cumplir lo establecido en la tabla 16.

**TABLA 16. CONTENIDO DE HUECOS EN MEZCLA (UNE-EN 12697-8) EN PROBETAS
 UNE EN 12697-31 (COMPACTADOR GIRATORIO)**

| CARACTERÍSTICAS | | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | | |
|-------------------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------|----|
| | | T2 | T3 y arcenes | T4 |
| HUECOS EN MEZCLA (%) | Rodadura | 4 – 7 | 3 – 7 | |
| | Intermedia | 5 – 9 | 4 – 9 | |
| | Base | 6 – 10 | 5 - 10 | – |

La determinación del contenido de huecos se hará sobre probetas preparadas según el tamaño máximo del árido:

- En mezclas con tamaño nominal D inferior o igual a veintidós milímetros ($D \leq 22$ mm), se hará sobre probetas de diámetro cien (100) milímetros.
- En mezclas con tamaño nominal D superior a veintidós milímetros ($D > 22$ mm), la determinación de huecos se hará sobre probetas de diámetro ciento cincuenta (150) milímetros.

La compactación de estas probetas se realizará con la máquina giratoria según el método indicado en la norma UNE-EN 12697-31, ajustando la presión de trabajo al intervalo indicado en dicha norma y el número de giros, que se indicará en la fórmula de trabajo, será el necesario para:

- Conseguir la misma densidad geométrica para la misma mezcla en caliente compactada por impacto según el método de ensayo indicado en la norma UNE EN 12697-30, aplicando 75 golpes por cara.

2.5.1.4 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 17. Este ensayo se hará según la 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.

Las probetas se prepararán mediante compactador de placa, con el dispositivo de rodillo de acero, según la norma UNE EN 12697-33, aplicando la energía necesaria hasta conseguir el 98% de la densidad geométrica calculada a partir del estudio Marshall.

TABLA 17. PENDIENTE MEDIA DE DEFORMACIÓN EN EL INTERVALO DE 5000 A 10000 CICLOS. UNE-EN 12697-22 (mm para 10³ ciclos de carga).

| ZONA TÉRMICA ESTIVAL | CAPAS DE RODADURA E INTERMEDIA | | | CAPA BASE |
|----------------------------|--------------------------------|--------------|----|-----------|
| | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | | | |
| | T2 | T3 y arcenes | T4 | T2 y T31 |
| CÁLIDA | 0.07 | 0.10 | - | 0.10 |
| MEDIA | 0.10 | | - | |
| TEMPLADA | 0.10 | - | | |

2.5.1.5 Susceptibilidad al agua

Aunque en la normativa armonizada europea para las mezclas bituminosas en caliente la susceptibilidad al agua de las mezclas se estudia solo con el ensayo de sensibilidad al agua, (UNE-EN 12697-12), estas novedosas mezclas templadas al encontrarse aún en fase de estudio, requieren de análisis basados en la experiencia. En España se tiene mayor experiencia con el ensayo de inmersión-compresión, (NLT-161 y 162), que con el nuevo de sensibilidad (UNE-EN 12697-12). Por ello se ha prescrito en estas Recomendaciones decidir los porcentajes óptimos de ligante en base a los resultados del ensayo de inmersión-compresión, aunque también se solicita realizar ensayos, en paralelo, de sensibilidad al agua para conocer con mayor detalle estas dos características. Los ensayos de sensibilidad al agua se podrán tener en cuenta en los casos que se obtengan con ellos resultados satisfactorios y sin embargo no sea así con los de inmersión-compresión.

2.5.1.5.1 Ensayo de Inmersión-Compresión

En la norma de ensayo NLT-161 se establece el método de la preparación de las probetas para los ensayos de compresión simple, esta preparación de probetas es la que emplea la norma NLT-162 para el ensayo de inmersión compresión. De acuerdo con estas normas las probetas se preparan con una presión de 210 kgf/cm². Sin embargo, en el caso de las mezclas templadas, puesto que lo que se pretende es ensayar probetas con un determinado número de huecos, es posible que con estas presiones normalizadas las probetas se compacten con una densidad mayor que la proyectada, por ello en el articulado de este apartado 2.5.1.5.1 se indica que el laboratorio deberá de determinar, e indicar en la fórmula de trabajo, la presión de trabajo que se precise para conseguir preparar las probetas con el porcentaje de huecos deseado. Esta presión de trabajo se mantendrá posteriormente en los controles de recepción de las mezclas en obra.

El ensayo de inmersión-compresión se realizará de acuerdo con lo indicado en las normas NLT-161 y 162. La resistencia conservada tendrá un valor mínimo de setenta y cinco por ciento (75 %). Las probetas se prepararán con una presión que consiga una densidad superior al 98% de la obtenida para el cálculo de huecos.

2.5.1.5.2 Ensayo de sensibilidad al agua

El ensayo de sensibilidad se realizará de acuerdo con lo indicado en las normas UNE-EN 12697-12 y UNE-EN 12697-23. La resistencia conservada será del ochenta por ciento (80%) para capas de base e intermedia, y del ochenta y cinco por ciento (85%) para capas de rodadura.

La determinación de la resistencia conservada se hará sobre probetas preparadas según el tamaño máximo del árido:

- En mezclas con tamaño nominal D inferior o igual a veintidós milímetros ($D \leq 22$ mm), se hará sobre probetas de diámetro cien (100) milímetros.
- En mezclas con tamaño nominal D superior a veintidós milímetros ($D > 22$ mm), la determinación de huecos se hará sobre probetas de diámetro ciento cincuenta (150) milímetros.

La compactación de estas probetas se realizará con la máquina giratoria según el método indicado en la norma UNE-EN 12697-31, ajustando la presión de trabajo al intervalo indicado en dicha norma y el número de giros, que se indicará en la fórmula de trabajo, será:

- El número de giros será el necesario para conseguir la misma densidad geométrica para la misma mezcla en caliente compactada por impacto según el método de ensayo indicado en la norma UNE-EN 12697-30, aplicando 50 golpes por cara.

Las probetas no requieren ningún tiempo de curado adicional.

Se podrá mejorar la adhesividad entre el árido y el ligante hidrocarbonado mediante activantes directamente incorporados al ligante.

2.5.2 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 templada. 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 lo indicado en las tablas 510.6, 513.8, del PG-3 y en las tablas 18, 19, 20, 21 o 22 de estas Recomendaciones, y sobre ella se ejecutará un riego de imprimación o un riego de adherencia según corresponda dependiendo de su naturaleza, de acuerdo con los artículos 530 ó 531 del PG-3.

Si la superficie estuviese constituida por un pavimento hidrocarbonado, y dicho pavimento fuera heterogéneo, se deberá además, eliminar mediante fresado los excesos de ligante y sellar las zonas demasiado permeables, según 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; así mismo, si ha transcurrido mucho tiempo desde su aplicación, se comprobará que su capacidad de unión con la mezcla bituminosa no ha disminuido en forma perjudicial, en caso contrario, el Director de Obra podrá ordenar la ejecución de un riego de adherencia adicional.

2.5.3 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, observando las precauciones que se detallan a continuación.

Para mezclas con tamaño máximo de árido de dieciséis milímetros (16 mm) el número mínimo de fracciones será de tres (3); para el resto de las mezclas será de cuatro (4). El Director da las obras podrá exigir mayor número de fracciones, si lo estima necesario para cumplir las tolerancias exigidas a la granulometría de la mezcla en el apartado 2.8.4.1.

Cada fracción del árido se acopiará separada de las demás, para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán sus quince centímetros (15 cm) inferiores, a no ser que se pavimenten. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (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.

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.

2.5.4 FABRICACIÓN DE LA MEZCLA

2.5.4.1 Generalidades

Como ya se ha indicado anteriormente, estas mezclas no están contempladas por normativa europea armonizada, como ocurre con las mezclas bituminosas calientes. No obstante y también mencionado, el objetivo de estas Recomendaciones es redactar una normativa para estas mezclas templadas lo más ajustada posible a las de caliente. Así los criterios de control de producción establecidos en la norma UNE-EN 13108-21 y las características de las mezclas tipo hormigón bituminoso recogidas en la norma UNE-EN 13108-1 (Mezclas en caliente tipos hormigones asfálticos) y los indicados en el artículo 542 del PG-3, nos van a ser válidos para estas mezclas templadas tipo hormigón bituminoso, además de los protocolos redactados en el trabajo de investigación mencionado de las mezclas templadas de Jédula.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrán establecer prescripciones adicionales a las indicadas a continuación.

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 cien (50 a 100%) de su capacidad, sin

rebosar. Para cualquier tipo de mezcla, la alimentación del árido fino frío se efectuará directamente sobre el mezclador utilizando una cinta transportadora para su dosificación. Previamente a su caída al mezclador se asegurará la dosificación de material fino mediante pesada.

Para obtener la humedad final requerida en la fórmula de trabajo y asegurar la manejabilidad de la mezcla, se procederá a la estimación del aporte adicional de agua necesaria a partir del estudio térmico del proceso, teniendo en cuenta por un lado, la humedad aportada por la arena así como las temperaturas a las que hay que calentar los áridos gruesos y el ligante para conseguir la temperatura final de la mezcla < 100 °C.

Si se utilizasen áridos procedentes del fresado de mezclas bituminosas, en cualquier tipo de central se incorporará directamente al mezclador a través de una cinta transportadora previo pesaje del material fresado establecido dentro de la formulación. Dentro del mezclador se adicionará tanto el betún como los áridos gruesos y los finos, en función de la formulación determinada.

En centrales de mezcla continua con tambor secador-mezclador se aportarán los áridos procedentes del fresado de mezclas bituminosas tras la llama de forma que no exista riesgo de contacto con ella.

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.

2.5.4.2 Temperaturas de fabricación

Las temperaturas de fabricación de la MBT se indicarán en base al estudio del balance térmico del proceso. La determinación de las temperaturas a las que se llevarán los áridos y el betún para la fabricación de la MBT, se realizará teniendo en cuenta la humedad de la arena en el momento de fabricación de la mezcla tal y como se indica en los protocolos.

Para estas mezclas, la temperatura de fabricación de los 100 °C, se consigue calentando los áridos gruesos y el betún, a la temperatura requerida y estimada a partir del balance térmico (se recomienda en la medida de lo posible mantener la misma temperatura, para los áridos y el betún que para la mezcla convencional, siempre y cuando lo permita este balance térmico, lo cual dependerá del porcentaje y humedad de arena fría a introducir en el momento de la fabricación).

Tanto la fracción de arena que se introduce directamente al mezclador como el posible aporte adicional de agua necesario para conseguir una mezcla manejable a 100°C, se introducen a temperatura ambiente, debiéndose tener en cuenta esta temperatura en el balance térmico.

En el balance térmico se debe conocer también el porcentaje de evaporación del agua en el mezclador. Como no es posible tener este dato a priori, se parte de un valor aproximado (entre 30% y 60%) que se rectificará según la temperatura de mezcla final.

2.5.5 TRANSPORTE DE LA MEZCLA

La mezcla bituminosa templada se transportará en camiones de la central de fabricación a la extendedora. Para evitar su enfriamiento superficial, deberá protegerse durante el transporte mediante lonas u otros cobertores adecuados. En el momento de descargarla en la extendedora o en el equipo de transferencia, su temperatura no podrá ser inferior a la especificada en la fórmula de trabajo.

2.5.6 EXTENSIÓN DE LA MEZCLA

A menos que el Director de las Obras justifique otra directriz, la extensión comenzará por el borde inferior y se realizará por franjas longitudinales. 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 extendedora y la producción de la central.

En obras sin mantenimiento de la circulación, para las categorías de tráfico pesado T2 o con superficies a extender en calzada superiores a setenta mil metros cuadrados (70 000 m²), se realizará la extensión de cualquier capa bituminosa a ancho completo, trabajando si fuera necesario con dos (2) o más extendedoras 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 aun caliente y en condiciones de ser compactado; en caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal.

La extendedora 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 apartado 2.7.2.

La extensión se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la extendedora a la producción de la central de fabricación de modo que aquélla no se detenga. En caso de detención, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender, en la tolva de la extendedora 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.

Donde resulte imposible, a juicio del Director de las Obras, el empleo de máquinas extendedoras, la mezcla bituminosa templada se podrá poner en obra por otros procedimientos aprobados por aquél. Para ello se descargará fuera de la zona en que se vaya a extender y se distribuirá en una capa uniforme y de 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 apartado 2.7.2.

2.5.7 COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Director de las Obras en función de los resultados del tramo de prueba; 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 temperatura de la mezcla no baje de la mínima prescrita en la fórmula de trabajo y la mezcla se halle en condiciones de ser compactada, hasta que se alcance la densidad especificada en el apartado 2.7.1.

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 compactada, y los cambios de sentido se efectuarán con suavidad. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

2.5.8 JUNTAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES

Siempre que 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 a la mínima fijada 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, a continuación, se calentará la junta y se extenderá la siguiente franja contra ella.

Las juntas transversales en capas de rodadura se compactarán transversalmente, disponiendo los apoyos precisos para los elementos de compactación

2.6 TRAMO DE PRUEBA

Los tramos de prueba son necesarios para cualquier unidad de obra en la ejecución de las carreteras.

En los tramos de prueba se debe aceptar:

- La calidad de los materiales y sus fórmulas de trabajo.
- El procedimiento de ejecución
- El control de la ejecución.
- Las características de la unidad terminada.

En el caso de las MBT, además, como consecuencia de la falta de experiencia en estos materiales, se debe valorar las repercusiones que sobre la calidad de las mezclas fabricadas y puestas en obra se pueden producir por acciones que en otros materiales están perfectamente estudiadas, entre otras, como le afectan las tolerancias de fabricación permitidas.

La normativa vigente exige que en el tramo de prueba, para las capas de rodadura, se determinen las características superficiales responsables de la adherencia de los vehículos: macrotextura y resistencia al deslizamiento, sin embargo se limitan a solicitar el ensayo del círculo de arena. Aunque el parámetro de decisión es el coeficiente de rozamiento transversal CRT, esta característica es difícil de determinar en un tramo de prueba, pero se puede conocer el valor del coeficiente de resistencia al deslizamiento CRD, con el péndulo de fricción, lo que nos ayudará a estimar el futuro CRT. Es importante la obtención rápida de los parámetros que se estudian en los tramos de prueba para evitar retrasar el inicio de la ejecución. Estas mezclas templadas permiten, al igual que las de caliente, la extracción de las probetas testigo al día siguiente de su puesta en obra.

Antes de iniciarse la puesta en obra de la mezcla bituminosa templada será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba, para comprobar:

- Si la mezcla fabricada por la planta se ajusta a la fórmula de trabajo.
- Si la forma de actuación de los equipos de extensión y compactación, y, especialmente, el plan de compactación consiguen las especificaciones geométricas y de compactación exigidas por estas Recomendaciones.
- Las tolerancias permitidas en el contenido de humedad de la MBT que garantice su manipulación y 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 comprobarán expresamente:

- La macrotextura superficial obtenida, mediante el método del círculo de arena según la UNE-EN 13036-1, que deberá cumplir los valores establecidos en 7.4.
- La determinación del Coeficiente de Resistencia al deslizamiento CRD con el péndulo de fricción según NLT-175/98.

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.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras definirá:

- 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 acciones 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.

Asimismo, 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.

2.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

2.7.1 DENSIDAD

La densidad no deberá ser inferior al siguiente porcentaje de la densidad de referencia, obtenida según lo indicado en 2.8.4.2.1:

- 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%).

2.7.2 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 todos los semiperfiles 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.

2.7.3 REGULARIDAD SUPERFICIAL

De acuerdo con lo establecido en el Pliego de Prescripciones Particulares, el Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la NLT-330, deberá cumplir lo exigido en el Pliego ADAR de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía o, en su caso, lo indicado en el PG-3.

2.7.3.1 Especificaciones Pliego ADAR

Las especificaciones indicadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para los Controles de Auscultación Dinámica de Alto Rendimiento (ADAR) para estas mezclas son las indicadas en las siguientes tablas números 18, 19 y 20.

**TABLA 18. INDICE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)(dm/hm)
 PARA FIRMES DE NUEVA CONSTRUCCION CON TRES CAPAS DE MEZCLA
 BITUMINOSA**

| AUTOVÍAS | | CARRETERAS CONVENCIONALES | |
|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------|
| RODADURA MBT | 50 % < 1.5 | RODADURA MBT | 50 % < 1.5 |
| | 80 % < 1.8 | | 80 % < 2.0 |
| | 100 % < 2.0 | | 100 % < 2.5 |
| 1ª BAJO RODADURA MBT | 50 % < 2.0 | 1ª BAJO RODADURA MBT | 50 % < 2.0 |
| | 80 % < 3.0 | | 80 % < 3.0 |
| | 100 % < 4.0 | | 100 % < 4.0 |
| OTRAS CAPAS DE MBT | 50 % < 3.0 | OTRAS CAPAS DE MBT | 50 % < 3.0 |
| | 80 % < 4.5 | | 80 % < 4.5 |
| | 100 % < 6.0 | | 100 % < 6.0 |

**TABLA 19. INDICE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)(dm/hm)
 PARA FIRMES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN CON DOS Y UNA CAPAS DE MEZCLA
 BITUMINOSA**

| CARRETERAS CON DOS CAPAS DE MEZCLAS BITUMINOSAS | | CARRETERAS CON UNA CAPA DE MEZCLAS BITUMINOSAS | |
|--|-------------|---|-------------|
| RODADURA MBT | 50 % < 1.8 | RODADURA MBT | 50 % < 2.0 |
| | 80 % < 2.5 | | 80 % < 3.5 |
| | 100 % < 3.0 | | 100 % < 4.5 |
| 1ª BAJO RODADURA MBT | 50 % < 3.0 | - | - |
| | 80 % < 4.5 | | |
| | 100 % < 6.0 | | |

**TABLA 20. INDICE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm) PARA OBRAS
 DE REFUERZO DE FIRME DE CARRETERAS CONVENCIONALES**

| | | | |
|--------------------------------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| Capa de Mezcla bituminosa | 50 % < 1.5 | - | - |
| | 80 % < 2.0 | | |
| | 100 % < 2.5 | | |
| Capa de Mezcla bituminosa | 50 % < 2.0 | Capa de Mezcla bituminosa | 50 % < 1.5 |
| | 80 % < 3.0 | | 80 % < 2.0 |
| | 100 % < 4.0 | | 100 % < 2.5 |
| Capa de | 50 % < 3.0 | Capa de mezcla | 50 % < 2.0 |

| | | | |
|---|-------------|---|-------------|
| regularización de mezcla bituminosa | 80 % < 4.5 | bituminosa o control previo sobre mezcla bituminosa que cumple | 80 % < 3.0 |
| | 100 % < 6.0 | | 100 % < 4.0 |
| Control previo sobre mezcla bituminosa existente que no cumple | 50 % < 3.5 | Control previo sobre mezcla bituminosa existente que cumple | 50 % < 3.5 |
| | 80 % < 5.0 | | 80 % < 5.0 |
| | 100 % < 6.5 | | 100 % < 6.5 |

2.7.3.2 Especificaciones PG-3

Las especificaciones indicadas en el PG-3 para estas mezclas son las indicadas en las siguientes tablas números 21 y 22.

TABLA 21. INDICE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) (dm/hm) PARA FIRMES DE NUEVA CONSTRUCCIÓN

| PORCENTAJE DE HECTÓMETROS | TIPO DE CAPA | | |
|----------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------------|
| | RODADURA E INTERMEDIA | | OTRAS CAPAS BITUMINOSAS |
| | TIPO DE VIA | | |
| | 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 22. INDICE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)(dm/hm) PARA FIRMES REHABILITADOS ESTRUCTURALMENTE

| PORCENTAJE DE HECTÓMETROS | TIPO DE VÍA | | | |
|----------------------------------|---------------------------------|-------------|----------------------|-------------|
| | CALZADA DE AUTOVÍAS | | RESTO DE VÍAS | |
| | ESPESOR DE RECRECIMIENTO | | | |
| | > 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 |

2.7.4 MACROTEXTURA SUPERFICIAL Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

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

Únicamente a efectos de recepción de capas de rodadura, la macrotextura superficial, obtenida mediante el método del círculo de arena según la UNE-EN 13036-1, y la resistencia al deslizamiento, según la NLT-336, no deberán ser inferiores a los valores indicados en la tabla 23.

TABLA 23. MACROTEXTURA SUPERFICIAL (UNE-EN13036-1) Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (NLT-336) DE LAS MEZCLAS PARA CAPAS DE RODADURA

| CARACTERÍSTICA | TIPO DE MEZCLA |
|---|-----------------------|
| MACROTEXTURA SUPERFICIAL (*) Valor mínimo (mm) | 0.7 |
| RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (**) CRT mínimo (%) | 65 |

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

- (**) PG-3 Medida una vez transcurridos dos meses de la puesta en servicio de la capa.
- (**) ICAFIR Medida una vez transcurrido un invierno de la puesta en servicio de la capa.

2.7.5 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN

Salvo autorización expresa del Director de las Obras, no se permitirá la puesta en obra de mezclas bituminosas templadas:

- 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.
- Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas.

La apertura al tráfico se podrá realizar nada más terminada la compactación de la mezcla.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en su defecto el Director de las Obras decidirá, una vez terminada la compactación, cuando se podrá abrir a la circulación la capa ejecutada.

2.8 CONTROL DE CALIDAD

El Control de Calidad de cualquier unidad de obra debe plantearse según la siguiente secuencia:

- Control previo a la ejecución.
- Control de procedencia de los materiales constituyentes.
- Control de recepción de los materiales constituyentes.

- Control de la fabricación de la MBT. (Fabricación de planta).
- Control de la puesta en obra de la MBT. (Extensión y compactación).
- Control de la unidad terminada.

El control previo a la ejecución consiste en el control de la documentación y verificación de las instalaciones.

Como ya se ha indicado anteriormente las mezclas bituminosas templadas aún no disponen de marcado CE, pero sí sus componentes como son los áridos y los betunes. Tanto en el control documental como en el de recepción de estos materiales hay que tener en cuenta lo exigido por su normativa armonizada de acuerdo con la Directiva Europea 89/106/ CEE.

2.8.1 CONTROL PREVIO A LA EJECUCIÓN

El control previo a la ejecución consistirá en:

- Control documental.
- Visita de verificación de la planta de fabricación de la MBT.

2.8.1.1 Control documental

Código Técnico Parte 1. Artículo 7.2.1 Control de la documentación de los suministros

Los suministradores entregarán al constructor, quien los facilitará al director de la obra, los documentos de identificación del producto exigidos por la normativa de obligado cumplimiento y, en su caso, por el proyecto o por la dirección facultativa. Esta documentación comprenderá, al menos, los siguientes documentos:

- d) los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado;*
- e) el certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física; y*
- f) los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al marcado CE de los productos de construcción, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposición de las Directivas Europeas que afecten a los productos suministrados.*

En el caso de productos que deban tener el marcado CE según la Directiva 89/106/CEE, para el control de procedencia de los materiales, se llevará a cabo la verificación documental de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE cumplen las especificaciones establecidas en este Pliego. No obstante, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares ó el Director de las Obras, podrá disponer la realización de comprobaciones o ensayos adicionales sobre los materiales que considere oportunos, al objeto de asegurar las propiedades y la calidad establecidas en este artículo.

En el caso de productos que no dispongan de marcado CE, el suministrador deberá presentar:

- Ficha técnica del producto.
- Verificación técnica de que cada partida de producto entregado cumple con lo indicado en la ficha técnica.

2.8.1.2 Verificación de las instalaciones.

Es facultad de la Dirección de Obra aceptar las distintas instalaciones de fabricación de materiales que se colocarán en la obra.
AOPJA tiene definidos una serie de protocolos de informes de inspección de instalaciones.
En estas Recomendaciones se ha decidido como obligatorio que la Dirección de Obra “acepte” la planta de fabricación de las MBT, pudiendo para ello emplear el modelo de informe de inspección de plantas bituminosas de AOPJA.

Se realizará una visita de inspección de la instalación de acuerdo con los criterios y fichas de inspección elaboradas por AOPJA.

Tras la cual se documentará:

- Origen y control de los materiales constituyentes.
- Fórmulas de trabajo.
- Procedimiento de fabricación.
- Control de producción.

2.8.2 CONTROL DE PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES

2.8.2.1 Ensayos de control de procedencia del ligante hidrocarbonado. Betún

Los betunes dispondrán de marcado CE. La verificación de sus características no será de aplicación obligatoria, sin perjuicio de lo que establezca el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, ni de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

El fabricante deberá presentar, en su documentación, todas las características solicitadas por la normativa vigente, incluyendo las indicadas en el 2.2.1 de estas Recomendaciones.

2.8.2.2 Ensayos de control de procedencia de los áridos

Si los áridos a emplear disponen de marcado CE, los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia de los áridos no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de lo que establezca el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, ni de las facultades que corresponden al Director de las Obras.

En el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el párrafo anterior, de cada procedencia del árido, y para cualquier volumen de producción previsto se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada fracción de ellas se determinará:

- El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según UNE-EN 1097-2.
- El coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso para capas de rodadura, según la UNE-EN 1097-8.

- La densidad relativa y absorción del árido grueso y del árido fino, según la UNE-EN 1097-6.
- La granulometría de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.
- El equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, el índice de azul de metileno según el anexo A de la UNE-EN 933-9.
- La proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.
- La proporción de impurezas del árido grueso, según el anexo C de la UNE 146130.
- El índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3

2.8.2.3 Ensayos de control de procedencia del polvo mineral de aportación

Si el polvo mineral a emplear dispone de marcado CE los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de lo que establezca el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, ni de las facultades que corresponden al Director de Obras.

En el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el párrafo anterior, de cada procedencia del polvo mineral de aportación, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y con ellas se determinará la densidad aparente, según el Anexo A de la UNE-EN 1097-3, y la granulometría, según la UNE-EN 933-10.

2.8.3 CONTROL DE CALIDAD, RECEPCIÓN, DE LOS MATERIALES

2.8.3.1 Control de calidad de recepción del ligante hidrocarbonado. Betún

De acuerdo con la Directiva Europea, no es obligado realizar control de recepción de los productos con marcado CE, sin embargo estos controles pueden ser especificados en las directrices del Proyecto u ordenados por la Dirección de Obra.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en su defecto el Director de la Obras podrá exigir la realización de controles de recepción de los betunes.

En su caso, el control de recepción para los betunes, se puede ajustar a lo indicado en la siguiente tabla número 24:

TABLA 24. RECOMENDACIONES DE ENSAYOS DE CONTROL DE RECEPCIÓN DEL LIGANTE

| TIPO DE CAPA | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | |
|--------------------------|---|---|
| | T2 | T3 y T4 |
| RODADURA | <ul style="list-style-type: none"> • Control quincenal. • Mínimo 2 controles por obra | <ul style="list-style-type: none"> • Control mensual. • Mínimo 2 controles por obra |
| INTERMEDIA Y BASE | <ul style="list-style-type: none"> • Control mensual. • Mínimo 2 controles por obra | <ul style="list-style-type: none"> • Control mensual. |

Con estos controles de recepción se comprobarán las características especificadas en el apartado 2.2.1 de estas Recomendaciones.

2.8.3.2 Control de calidad de recepción de los áridos

Se examinará la descarga al acopio o alimentación de las tolvas en frío, desechando los áridos que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo. Se acopiarán aparte aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lajas, plasticidad, etc., y se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores y los accesos.

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 24:

- Análisis granulométrico de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.
- Según lo que establezca el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, el índice de azul de metileno, según el anexo A de la UNE-EN 933-9.

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

- Índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3.
- Proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.
- Proporción de impurezas del árido grueso, según el anexo C de la UNE 146130.

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

- Coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN1097-2.
- Coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso para capas de rodadura, según la UNE-EN 1097-8.
- Densidad relativa y absorción del árido grueso y del árido fino, según la UNE-EN 1097-6.

Para los áridos que tengan marcado CE, la comprobación de estas cuatro últimas propiedades de los áridos podrá llevarse a cabo mediante la verificación documental 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 comprobaciones o ensayos adicionales sobre estas propiedades si lo considera oportuno.

2.8.3.3 Control de calidad de recepción del polvo mineral

En el caso de polvo mineral de aportación, sobre cada partida que se reciba se realizarán los siguientes ensayos:

- Densidad aparente, según el Anexo A de la UNE-EN 1097-3,
- Análisis granulométrico del polvo mineral, según la UNE-EN 933-10.

Para el polvo mineral que no sea de aportación se realizarán los siguientes ensayos:

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

- Densidad aparente, según el Anexo A de la UNE-EN 1097-3.

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

- Análisis granulométrico del polvo mineral, según la UNE-EN 933-10.

2.8.4 CONTROL DE EJECUCIÓN

2.8.4.1 Fabricación

No existen normas específicas para el control de calidad de las mezclas bituminosas templadas. Para este control emplearemos la normativa vigente para las mezclas en caliente "adaptadas" a las singularidades de las mezclas templadas. Esta adaptación está recogida en los protocolos redactados en el trabajo de investigación de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía sobre las mezclas templadas de Jédula. A continuación se extraen algunos de sus artículos.

Las mezclas bituminosas templadas (MBT), presentan características intermedias, que las asemejan a la vez que las diferencian, de las mezclas en calientes o frías. Así, precisan de una cierta cantidad de agua para su trabajabilidad, y para ensayos del control de calidad se preparan probetas en el laboratorio similares a las de las mezclas en caliente. Estas diferencias condicionan, de una manera importante, a los procedimientos de ensayo que han sido normalizados para los otros tipos de mezclas bituminosas.

Entre otras, las características que hay que controlar son las posibles pérdidas de humedad en el transporte y que no se determine como ligante el contenido de agua residual de las mezclas.

Se tendrá en cuenta también la definición de los requerimientos para la compactación de las probetas empleando la compactadora giratoria.

RECIPIENTE PARA EL TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS

Una vez tomada la muestra de acuerdo con la norma indicada, se transfiere, para su transporte al laboratorio, a un recipiente hermético resistente al calor y que no se altere con el contacto de la MBT

Estos pueden ser los cubos de plástico con homologación UIN empleados habitualmente como envase de las mezclas prefabricadas en frío.

PLAZOS MÁXIMOS PARA LOS ENSAYOS EN EL LABORATORIO

El tiempo máximo que transcurrirá desde la toma de muestras hasta la realización de los ensayos en el laboratorio dependerá del tipo de ensayo y de las condiciones que deban mantener las muestras.

Se determinará la variación máxima de humedad que se permita a las muestras para que los ensayos sean válidos. (Se analizarán los tiempos permitidos para el control de obra, 12, 24 o 72 horas).

Es conveniente que este plazo máximo no supere las 48 horas.

En el informe de ensayos se indicará los tiempos transcurridos desde la toma de muestras hasta el inicio de los ensayos

en el laboratorio.

Se determinará la humedad de las muestras en el momento del inicio de los ensayos.

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE LIGANTE. SECADO DE LAS MUESTRAS.

Previo a la determinación del contenido de ligante, la muestra para ensayo se secará, hasta peso constante, en una estufa con aire forzado, a una temperatura de 105° C.

Se tomará diariamente un mínimo de dos (2) muestras, según la 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 mezclador, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico del árido combinado, según la UNE-EN 933-1.
- Equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, el índice de azul de metileno, según el anexo A de la UNE-EN 933-9, del árido combinado.
- Contenido de humedad de los áridos

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, según la UNE-EN 933-1, que cumplirá las tolerancias indicadas en este apartado. Al menos semanalmente, 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.

Para todas las mezclas, 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:

El contenido de humedad de estas MBT es fundamental para su correcta puesta en obra. En la fórmula de trabajo se especificará el porcentaje de humedad de referencia y en los tramos de prueba se analizará las tolerancias admisibles que permitan conseguir la compactación exigida.

La muestra para la determinación del contenido de ligante deberá estar seca, para evitar que se determine como betún al agua.

- Control del aspecto de la mezcla y medición de su temperatura. Se rechazarán todas las mezclas segregadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma y aquéllas cuya envuelta no sea homogénea.
- Se tomarán muestras de la mezcla fabricada y se determinará sobre ellas el contenido de ligante, según UNE-EN 12697-1, el contenido de humedad de la mezcla según la UNE-EN 12697-14 y la granulometría de los áridos extraídos, según

la UNE-EN 12697-2, con la frecuencia de ensayo indicada en la tabla 25 correspondiente al nivel de control X definido en el anexo A de la norma UNE-EN 13108-21 y al nivel de conformidad (NFC) determinado por el método del valor medio de cuatro (4) resultados definido en ese mismo anexo.

TABLA 25. FRECUENCIA MÍNIMA DE ENSAYO PARA DETERMINACIÓN DE GRANULOMETRÍA DE ÁRIDOS EXTRAÍDOS Y CONTENIDO DE LIGANTE (toneladas/ensayo)

| Nivel de frecuencia | NCF A | NCF B | NCF C |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| X | 600 | 300 | 150 |

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

- Tamices superiores al 2 mm de la UNE-EN 933-2: $\pm 4\%$
- Tamiz 2 mm de la UNE-EN 933-2: $\pm 3\%$
- Tamices comprendidos entre el 2 mm y el 0,063 mm de la UNE-EN 933-2: $\pm 2\%$
- Tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2: $\pm 1\%$

La tolerancia admisible, en más o en menos, respecto de la dotación de ligante hidrocarbonado, de la fórmula de trabajo será del tres por mil ($\pm 0,3\%$) en masa del total de mezcla bituminosa (incluido el polvo mineral), sin bajar del mínimo especificado en la tabla 14 de estas Recomendaciones.

La tolerancia admisible, en más o en menos, respecto al contenido de humedad de la fórmula de trabajo será fijada en el tramo de prueba y será la suficiente que permita una correcta puesta en obra y compactación de la MBT.

Se deberán llevar a cabo obligatoriamente 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 2.5.1 y con la frecuencia de ensayo que determine el Director de Obra.

- Resistencia a las deformaciones plásticas mediante el ensayo de pista de laboratorio, según UNE-EN 12697-22.

Es importante determinar la susceptibilidad al agua de las MBT. Puesto que en la actualidad nos encontramos en una fase de estudio de este tipo de mezclas, la susceptibilidad al agua se realizará en base a los ensayos de inmersión compresión y de sensibilidad al agua.

Cuando se cambien el suministro o la procedencia, como mínimo una vez cada siete (7) días o cuando el Director de las Obras lo considere oportuno para asegurar alguna característica relacionada con la adhesividad y cohesión de la mezcla, se determinarán los ensayos de susceptibilidad al agua:

- La resistencia conservada a compresión en el ensayo de inmersión compresión. (NLT-161/00 y 162/00). La preparación de las probetas y los valores solicitados serán los indicados en el apartado 2.5.1.5.1. de estas Recomendaciones.
- La resistencia conservada a tracción indirecta en el ensayo de sensibilidad. (UNE-EN 12697-12 y UNE-EN 12697-23). La preparación de las probetas y los valores solicitados serán los indicados en el apartado 2.5.1.5.2. de estas Recomendaciones.

2.8.4.2 Puesta en obra

2.8.4.2.1 Extensión

| |
|--|
| Es muy importante, para el correcto control de estas MBT, que el laboratorio cuide, especialmente, las temperaturas de fabricación y compactación de las probetas. |
|--|

Antes de verter la mezcla del elemento de transporte a la tolva de la extendedora 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 2.7.5 de estas Recomendaciones.

Al menos una (1) vez al día, y al menos una (1) vez por lote, se tomarán muestras y se prepararán probetas según el tamaño nominal del árido.

Sobre esas probetas se determinará el contenido de huecos, según UNE-EN 12697-8, y la densidad aparente, según UNE-EN 12697-6 con el método de ensayo indicado en el anexo B de la UNE-EN 13108-20.

La preparación de las probetas será:

- En mezclas con tamaño nominal D inferior o igual a veintidós milímetros ($D \leq 22$ mm), se hará sobre probetas de diámetro cien (100) milímetros.
- En mezclas con tamaño nominal D superior a veintidós milímetros ($D > 22$ mm), la determinación de huecos se hará sobre probetas de diámetro ciento cincuenta (150) milímetros.

La compactación de estas probetas se realizará con la máquina giratoria según el método indicado en la norma UNE-EN 12697-31, siendo la energía de compactación la indicada en el apartado 2.5.1.3 de estas Recomendaciones, y por tanto las presiones de trabajo y el número de giros serán los determinados para la realización de la fórmula de trabajo.

Se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del apartado 2.8.5.

Para cada uno de los lotes, se determinará la densidad de referencia para la compactación, definida por el valor medio de los últimos cuatro (4) valores de densidad aparente obtenidos en las probetas mencionadas anteriormente.

A juicio del Director de las Obras se podrán llevar a cabo sobre algunas de estas muestras, ensayos de comprobación de la dosificación de ligante, según UNE-EN 12697-1 y de la granulometría de los áridos extraídos, según UNE-EN 12697-2.

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

2.8.4.2.2 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, peso total y, 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.

2.8.5 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 templada:

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

La extracción de probetas testigo se podrá realizar al día siguiente de la ejecución y según se vayan ejecutando los lotes de obra. Es importante contar con prontitud con el dato de compactación que nos permita, en el caso de resultados no satisfactorios, tomar las medidas oportunas.

Los resultados de los ensayos que se realizan sobre las probetas testigos dependen de una manera muy importante de la calidad de la extracción de estas muestras, ello obliga al laboratorio responsable de la toma a que ésta se ajuste a lo exigido por la norma, para lo cual hay que contar con operarios con la suficiente experiencia y equipos en perfecto estado para su uso.

Se extraerán testigos en puntos aleatoriamente situados, en número no inferior a cinco (5), y se determinarán su densidad y espesor, según la UNE-EN 12697-6 considerando las condiciones de ensayo que figuran en el anexo D de la UNE-EN 13108-20.

Se controlará la regularidad superficial del lote a partir de las veinticuatro horas (24 h) de su ejecución y siempre antes de la extensión de la siguiente capa mediante la determinación del índice de regularidad internacional (IRI), según la NLT-330 calculando un solo valor del IRI para cada hectómetro del perfil auscultado, que se asignará a dicho hectómetro, y así sucesivamente hasta completar el tramo medido que deberá cumplir lo especificado en el 2.7.3. La comprobación de la regularidad superficial de toda la longitud de la obra, en capas de rodadura, tendrá lugar además antes de la recepción definitiva de las obras.

En capas de rodadura, se realizarán los ensayos siguientes, que deberán cumplir lo establecido en la tabla 23:

- Medida de la macrotextura superficial, según la UNE-EN 13036-1, antes de la puesta en servicio de la capa, en cinco (5) puntos del lote aleatoriamente elegidos de forma que haya al menos uno por hectómetro (1/hm).
- Determinación de la resistencia al deslizamiento, según la NLT-336, una vez transcurridos dos (2) meses de la puesta en servicio de la capa, en toda la longitud del lote.

2.9 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

2.9.1 DENSIDAD

La densidad media obtenida no deberá ser inferior a la especificada en el 2.7.1; no más de tres (3) individuos de la muestra ensayada podrán presentar resultados individuales que bajen de la prescrita en más de dos (2) puntos porcentuales.

Si la densidad media obtenida es inferior a la especificada en el 2.7.1, se procederá de la siguiente manera:

- Si la densidad media obtenida es inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad de referencia, se levantará la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado mediante fresado y se repondrá por cuenta del Contratista.
- Si la densidad media obtenida no es inferior al noventa y cinco por ciento (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.

2.9.2 ESPESOR

El espesor medio obtenido no deberá ser inferior al especificado en el apartado 2.7.2; no más de tres (3) individuos de la muestra ensayada podrán presentar resultados individuales que bajen del especificado en más de un diez por ciento (10%).

Si el espesor medio obtenido en una capa fuera inferior al especificado en el 2.7.2, se procederá de la siguiente manera:

2.9.2.1 Para capas de base:

- Si el espesor medio obtenido en una capa de base fuera inferior al ochenta por ciento (80%) del especificado en el apartado 2.7.2, se rechazará la capa debiendo el Contratista por su cuenta levantar la capa mediante fresado y reponerla o extender de nuevo otra capa sobre la rechazada si no existieran problemas de gálibo.
- Si el espesor medio obtenido en una capa de base fuera superior al ochenta por ciento (80%) del especificado en el apartado 2.7.2, y no existieran problemas de encharcamiento, se compensará la merma de la capa con el espesor adicional correspondiente en la capa superior por cuenta del Contratista.

2.9.2.2 Para capas intermedias:

- Si el espesor medio obtenido en una capa intermedia fuera inferior al noventa por ciento (90%) del especificado en el apartado 2.7.2, se rechazará la capa debiendo el Contratista por su cuenta levantar la capa mediante fresado y reponerla o extender de nuevo otra capa sobre la rechazada si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.
- Si el espesor medio obtenido en una capa intermedia fuera superior al noventa por ciento (90%) del especificado en el apartado 2.7.2, y no existieran problemas de encharcamiento, se aceptará la capa con una penalización económica del diez por ciento (10%).

2.9.2.3 Para capas de rodadura:

- Si el espesor medio obtenido en una capa de rodadura fuera inferior al especificado en el apartado 2.7.2, se rechazará la capa debiendo el Contratista por su cuenta levantar la capa mediante fresado y reponerla o extender de nuevo otra capa sobre la rechazada si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

2.9.3 REGULARIDAD SUPERFICIAL

Si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden los límites establecidos en el apartado 2.7.3, se procederá de la siguiente manera:

- Si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden los límites establecidos en el apartado 2.7.3 en más del diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado o de la longitud total de la obra para capas de rodadura, se extenderá

una nueva capa de mezcla bituminosa con el espesor que determine el Director de las Obras por cuenta del Contratista.

- Si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden los límites establecidos en el apartado 2.7.3 en menos del diez por ciento (10%) de la longitud del tramo controlado o de la longitud total de la obra para capas de rodadura, se corregirán los defectos de regularidad superficial mediante fresado 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.

2.9.4 MACROTEXTURA SUPERFICIAL Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

En capas de rodadura, el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial no deberá resultar inferior al valor previsto en la tabla 23. No más de un (1) individuo de la muestra ensayada podrá presentar un resultado individual inferior a dicho valor en más del veinticinco por ciento (25%) del mismo.

Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta inferior al valor previsto en la tabla 23, se procederá de la siguiente manera:

- Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta inferior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 23, se extenderá una nueva capa de rodadura por cuenta del Contratista.
- Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta superior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 23, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).

En capas de rodadura, el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento no deberá ser inferior al valor previsto en la tabla 23. No más de un cinco por ciento (5%) de la longitud total medida de cada lote, podrá presentar un resultado inferior a dicho valor en más de cinco (5) unidades.

Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al valor previsto en la tabla 23 se procederá de la siguiente manera;

- Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 23, se extenderá una nueva capa de rodadura por cuenta del Contratista.
- Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta superior al noventa por ciento (90%) del valor previsto en la tabla 23, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).

2.10 MEDICIÓN Y ABONO

Únicamente cuando la capa de asiento no fuera construida bajo el mismo Contrato, se podrá abonar la comprobación y, en su caso, reparación de la superficie existente, por metros cuadrados (m²) realmente ejecutados.

La preparación de la superficie existente no es objeto de abono, ni está incluida en esta unidad de obra. El riego de adherencia se abonará según lo prescrito en el artículo 531 del PG-3.

La fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas templadas tipo hormigón bituminoso se abonará por toneladas (t), según su tipo, medidas multiplicando las anchuras señaladas para cada capa en los Planos del Proyecto por los espesores medios y densidades medias deducidas de los ensayos de control de cada lote. En dicho abono se considerará incluido el de los áridos, el procedente del fresado de mezclas bituminosas, si lo hubiere, y el del polvo mineral. No serán de abono las creces laterales, ni los aumentos de espesor por corrección de mermas en capas subyacentes.

El ligante hidrocarbonado empleado en la fabricación de mezclas bituminosas templadas se abonará por toneladas (t) obtenidas multiplicando la medición abonable de fabricación y puesta en obra, por la dotación media de ligante deducida de los ensayos de control de cada lote. En ningún caso será de abono el empleo de activantes o aditivos al ligante, así como tampoco el ligante residual del material fresado de mezclas bituminosas, si lo hubiera.

El polvo mineral de aportación y las adiciones a la mezcla bituminosa, solo 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 abonable de fabricación y puesta en obra de cada lote, por la dotación media.

2.11 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DISTINTIVOS DE CALIDAD

Independientemente del marcado CE de los áridos y del ligante, el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado, que cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

Si los referidos productos disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté homologado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo podrá ser otorgado por las Administraciones Públicas competentes en materia de carreteras, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (según ámbito) o los Organismos españoles públicos y privados autorizados para realizar tareas de certificación o ensayos en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO

Protocolos del trabajo de investigación de la Junta de Andalucía; Mezclas bituminosas templadas en Jédula.

NLT-161/00 Resistencia a compresión simple de mezclas bituminosas.

NLT-162/00 Efecto del agua sobre la cohesión de las mezclas bituminosas compactadas. (Ensayo de inmersión-compresión).

NLT-175/73 Coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo del TRRL

NLT-330 Cálculo del índice de regularidad Internacional (IRI) en pavimentos de carreteras.

NLT-336 Determinación de la resistencia al deslizamiento con el equipo de medida del rozamiento transversal.

UNE 146130:2000 Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras áreas pavimentadas.

UNE-EN 932-1:1997 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.

UNE-EN 933-1:1998 y UNE-EN 933-1:1998/A1:2006 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado

UNE-EN 933-2/1M: 1999 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.

UNE-EN 933-3:1997 y UNE-EN 933-3/A1:2004 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.

UNE-EN 933-5:1999 y UNE-EN 933-5:1999/A1:2005 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.

UNE-EN 933-8:2000 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.

UNE-EN 933-9:2010 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.

UNE-EN 933-10:2010 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 10: Evaluación de los finos. Granulometría de los fillers (tamizado en corriente de aire).

UNE-EN 1097-2:2010 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.

UNE-EN 1097-3:1999 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 3: Determinación de la densidad aparente y la porosidad.

UNE-EN 1097-6:2001 y UNE-EN 1097-6:2001/A1:2006 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua.

UNE-EN 1097-8:2010 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8: Determinación del coeficiente de pulimento acelerado.

UNE-EN 1744-3:2003 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 3: Preparación de eluatos por lixiviación de áridos.

UNE-EN-ISO 2592:2002 Determinación de los puntos de inflamación y de combustión. Método Cleveland en vaso abierto

UNE-EN 12697-2:2003+A1:2007 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas.

UNE-EN 12697-6:2003+A1:2007 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático.

UNE-EN 12697-8:2003 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.

UNE-EN 12697-12:2009 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de las probetas de mezcla bituminosa.

UNE-EN 12697-14:2001 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 14: Contenido de agua.

UNE-EN 12697-22:2008+A1:2008 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 22: Ensayo de rodadura.

UNE-EN 12697-23:2004 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 23: Determinación de la resistencia a tracción indirecta de probetas bituminosas

UNE-EN 12697-26:2006 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 26: Rigidez.

UNE-EN 12697-27:2001 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 27: Toma de muestras.

UNE-EN 12697-30:2006+A12007 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 30: Preparación de la muestra mediante compactador por impactos.

UNE-EN 12697-31:2008 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 31: Preparación de la muestra mediante compactador giratorio.

UNE-EN 12697-33:2006+A1:2007 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placa.

UNE-EN 13036-1:2010 Características superficiales de carreteras y aeropuertos. Métodos de ensayo. Parte 1: Medición de la profundidad de la macrotextura superficial del pavimento mediante el método volumétrico.

UNE-EN 13108-1:2008 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso.

UNE-EN 13108-20:2007 y UNE-EN 13108-20:2007/AC: 2009 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo.

UNE-EN 13108-21:2007 y UNE-EN 13108-21:2007/AC: 2009 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica.



UNE-EN 12591: 2009 Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de betunes para pavimentación

UNE-EN 14023:2010 Estructura de especificaciones de los betunes modificados con polímeros

Orden Circular 29/2011 Sobre el pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes PG-3. Artículo 211 betunes asfálticos y artículo 212 betunes modificados con polímeros