

Protocolo de ensayo de compactación de probetas con el equipo giratorio, UNE EN 12697-31: 2008



1. INTRODUCCIÓN

El diseño y la caracterización de las mezclas bituminosas han experimentado una profunda evolución en el marco de la ingeniería de carreteras en España, impulsada principalmente por la armonización normativa europea. La entrada en vigor del Mercado CE supuso un punto de inflexión, consolidando la transición hacia la serie de normas UNE-EN 13108 (para las especificaciones de los materiales) y UNE-EN 12697 (para los métodos de ensayo de laboratorio). Este cuerpo normati-

vo europeo ofrece un abanico de procedimientos avanzados para evaluar el comportamiento de los materiales asfálticos bajo criterios más realistas y prestacionales.

Históricamente, toda la experiencia española en el control de calidad y diseño de mezclas se había cimentado en el uso de la compactadora de impacto (método Marshall). Este equipo tradicional ha sido, durante décadas, la herramienta de referencia absoluta para determinar parámetros críticos como las densidades, los porcentajes de huecos y las propiedades mecánicas de las capas de firme. En las diferentes normas de ensayo se indica que procedimientos pueden utilizarse en cada caso y las dimensiones de las probetas, que depende fundamentalmente del tamaño máximo nominal del árido.

Sin embargo, el nuevo escenario normativo introduce metodologías alternativas de gran relevancia internacional, entre las que destaca la compactación con el equipo giratorio (UNE-EN 12697-31). Este procedimiento, ampliamente adoptado en numerosos países, plantea un enfoque diferente para la simulación de la compactación en laboratorio, aproximándose de manera más fiel al efecto real del paso de la maquinaria en obra y del tráfico pesado.

En el año 2009, en el seno de la agrupación ALEAS y como parte de los objetivos fijados para el desarrollo de sus actividades, se pusieron en marcha los primeros ensayos interlaboratorios. El propósito de estos ensayos era profundizar en el conocimiento y estandarización del proceso de fabricación de dichas probetas.

En este artículo se rescata el protocolo de ensayo diseñado por la agrupación y se repasan los hitos que per-

Protocolo de ensayo de compactación de probetas con el equipo giratorio, UNE EN 12697-31: 2008



Imagen 1: Compactadora giratoria vs compactadora de impacto.

mitieron recomendar las energías óptimas para cada familia de mezcla bituminosa. Además, se constata que el actual incremento en la fabricación de mezclas a baja temperatura hace que esta metodología sea imprescindible para la preparación de probetas y por lo tanto más necesario recuperar y refrescar los trabajos realizados con anterioridad.

2. TRABAJOS REALIZADOS

El trabajo previo a la publicación del protocolo se estructuró en varias fases, con una duración en torno a un año cada una. En este proceso ha sido fundamental la participación de numerosos laboratorios y departamentos técnicos de empresas de referencia en el sector, entre las que destacan: Acciona, Asfaltos Campezo, Asfaltos Vicálvaro, Asefma, Ciesm-Intevia, Ditecpesa, Eiffage, Elsan, Intromac, Los Serranos, Mecacisa, Pavasal, Proas, Repsol, Sacyr y Sorigué

En la fase inicial, se llevó a cabo un trabajo de calibración de ambos equipos (el de impacto y el giratorio) con el objetivo de garantizar la repetibilidad de los ensayos. Durante este proceso, se observó que los resultados de repetibilidad eran incluso superiores en el equipo giratorio que en el de impacto.

Posteriormente, seis laboratorios de empresas pertenecientes a ASEFMA realizaron el primer trabajo ex-

perimental para establecer la correlación entre ambos sistemas de compactación: por impacto (UNE-EN 12697-30) y giratoria (UNE-EN 12697-31). Para ello, se emplearon dos de las mezclas más habituales en España: AC 16 Surf (S) y AC 16 Bin/Base (D). El plan de compactación incluyó:

- Compactación por impacto: Series a 50 y 75 golpes.
- Compactación giratoria: Moldes de 100 mm de diámetro con una energía fijada a 210 giros, además de varias series de probetas a diferentes giros predefinidos.

Los resultados de esta primera etapa confirmaron la viabilidad de establecer distintos niveles de energía en la compactadora giratoria para fabricar probetas análogas en densidad a las obtenidas mediante impacto, definiéndose así la correlación de energías de compactación para mezclas bituminosas en caliente de tipo AC 16.

Ampliación del estudio a otras mezclas de la misma familia de mezclas. En una fase posterior, el estudio se amplió a las mezclas de mayor tamaño de árido, concretamente las de tipo AC 22 y AC 32. De acuerdo con las exigencias de la norma UNE-EN 12697-31 para áridos superiores a 16 mm, en la compactación giratoria se utilizaron moldes de 150 mm de diámetro, mientras que para la compactación por impacto se mantuvo el molde estándar de 101,6 mm.

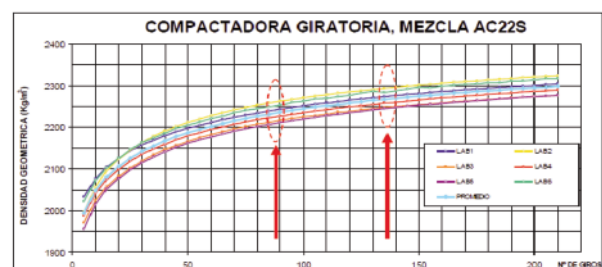


Imagen 2: Gráfico de resultados de la compactación con giratoria energía/huecos.

Una vez concluidos los ensayos con las mezclas convencionales (AC 16, AC 22 y AC 32), se iniciaron los trabajos correspondientes a las mezclas de rodadura, específicamente las de tipo BBTM 11B y SMA 11.

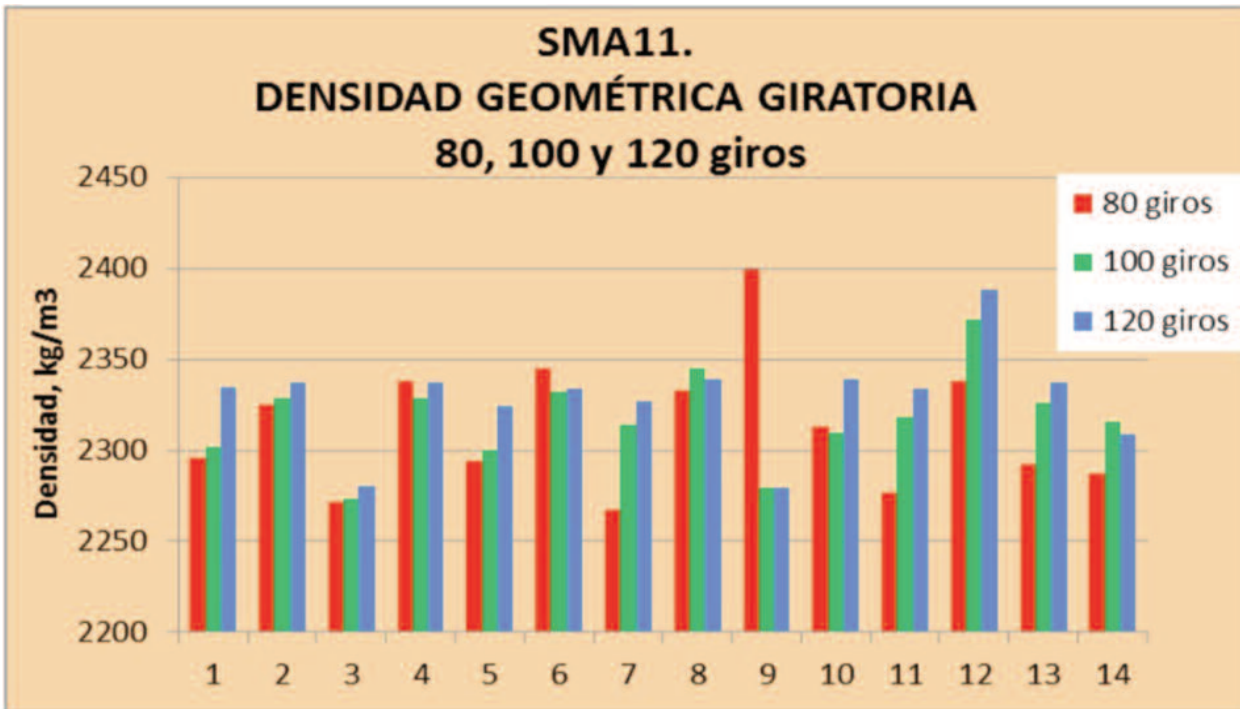


Imagen 3: Densidades mezcla SMA11 compactador giratorio 80-100-120 giros.

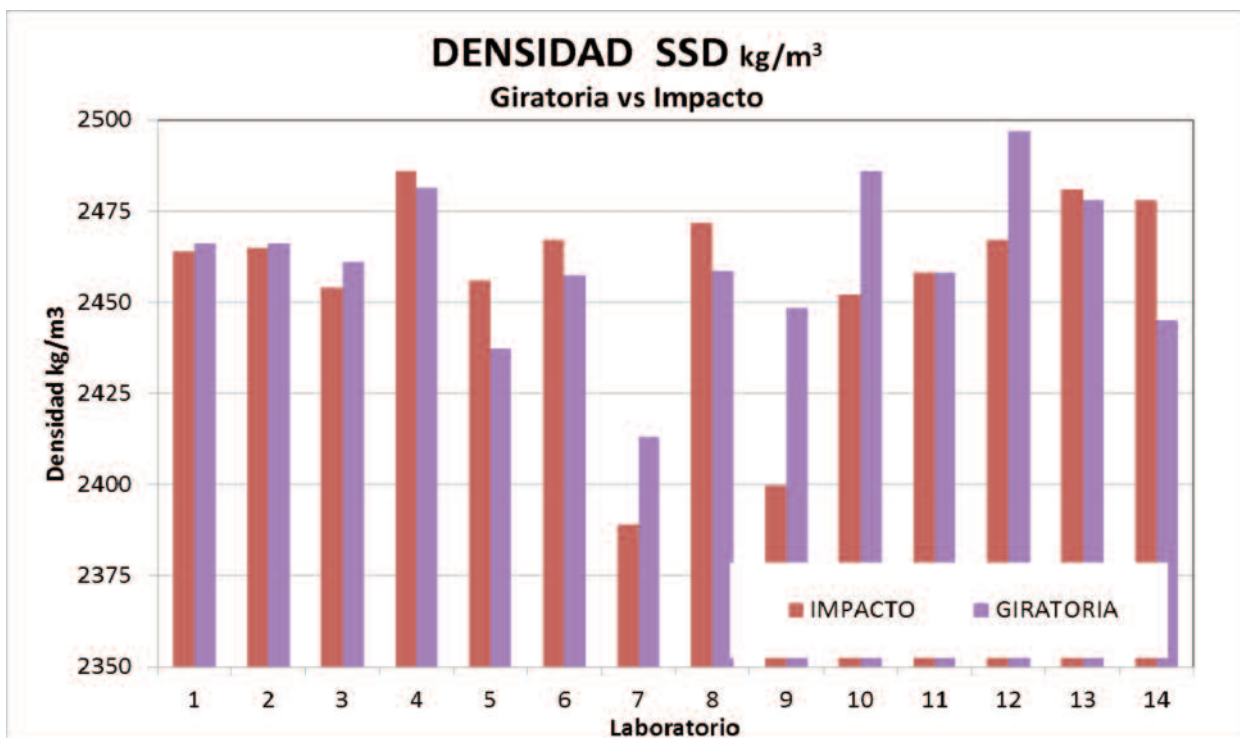


Imagen 4: Gráfico de resultados de densidad ssd giratoria frente a impacto de una mezcla AC16D.

Protocolo de ensayo de compactación de probetas con el equipo giratorio, UNE EN 12697-31: 2008

Control de Producción y Validación en Planta. Una de los trabajos para finalizar el proyecto realizado, clave del proyecto, consistió en el seguimiento de los valores obtenidos directamente en las plantas asfálticas por los laboratorios durante el control de producción en fábrica (CPF). Este seguimiento permitió contrastar los datos reales de fabricación con los de laboratorio, sirviendo para confirmar o, en su caso, ajustar las recomendaciones de energía inicialmente propuestas.

3. PROTOCOLO PTALEAS-31.V0

A continuación, se presenta un resumen detallado de sus apartados principales donde se concretan los criterios y se fijan las condiciones de trabajo:

1. Objeto y Campo de Aplicación

Describe el método para compactar probetas cilíndricas de mezclas bituminosas en caliente o semicalientes mediante un compactador giratorio, el cual combina una fuerza vertical con una acción de deslizamiento giratorio. Se utiliza para compactar probetas de mezclas bituminosas con diferente objetivo:

- Compactar probetas a un número de giros o densidad/huecos predeterminados.
- Determinar la curva de densidad-energía.
- Fabricar probetas para posteriores ensayos mecánicos.

2. Normas de Consulta

El protocolo se complementa con normas de la serie UNE EN 12697 relativas a la determinación de densidades (máxima y aparente), contenido de huecos, toma de muestras, dimensiones de probetas y mezclado en laboratorio.

3. Principio del Método

La compactación se logra mediante la acción simultánea de una compresión estática vertical y el esfuerzo cortante generado por el movimiento del eje de la probeta.

4. Equipos y Calibración

- Componentes: Compactador giratorio (con un ángulo interno efectivo de $0,82 \pm 0,02^\circ$), moldes metálicos (de 100 mm o 150 mm de diámetro), placas de suplemento y dispositivos para medir la distancia entre placas y contar rotaciones.

- Comprobación interna: Se debe monitorizar la estabilidad de la presión del aire comprimido, la uniformidad del pistón, la velocidad de giro ($30 \pm 0,5$ giros/min en carga) y la precisión en la medición de la altura (mediante probetas patrón de 50, 60 y 70 mm).

- Fuerza aplicada: Debe estar entre 10,000 N y 12,000 N para moldes de 150 mm (óptimo 11,000 N) y entre 4,500 N y 4,900 N para moldes de 100 mm (óptimo 4,700 N), con una tolerancia máxima de ± 250 N tras los primeros 30 segundos.

- Calibración: Debe realizarse según el anejo B de la norma UNE EN 12697-31 (altura, fuerza, ángulo y giros).

5. Procedimiento

- Datos previos: Registrar tipo de mezcla, áridos, ligante, granulometría, densidad máxima, masa de la probeta (calculada por fórmula para una relación altura/diámetro de $0,68 \pm 0,02$) y temperatura de compactación (155 ± 5 °C para betún 35/50 y 150 ± 5 °C para betún 50/70).

- Acondicionamiento de la muestra:

o Muestra fría: 2 horas en estufa a máx. 130 °C para cuartear; luego las porciones se calientan a la temperatura de compactación +5 °C por un máximo de 90 minutos.

o Muestra de planta: Se cuartea y se introduce en la estufa a temperatura de compactación +5 °C durante 75 minutos.

o Moldes y accesorios: Deben estar en la estufa un mínimo de 2 horas a la temperatura de la mezcla.

- Compactación: Se aplica una carga previa (1000 N a 2000 N) en menos de 30 segundos.

o Se usan moldes de 100 mm para tamaños de árido ≤ 16 mm (ej. AC16, BBTM11) y de 150 mm para tamaños > 16 mm (ej. AC22, AC32).

o El protocolo define la energía de compactación (número de giros) equivalente a los métodos tradicionales de impacto (50 o 75 golpes) según el tipo de mezcla (ej. AC16 a 75 golpes equivale a 100 giros; PA equivale a 180 giros).

o Tras la compactación, las probetas se desmoldan y se enfrían en una superficie lisa.

Energías recomendadas por Aleas para la fabricación de probetas con giratoria:

minosa, ya que cualquier desviación afecta directamente a la densidad y propiedades de las probetas fabrica-

Mezcla	Giros equivalentes a 75 golpes	Giros equivalentes a 50 golpes	Mezcla	Giros equivalentes a 50 golpes
AC16	100	80	BBTM-A Y SMA	160
AC22*	160	100	BBTM-B	100
AC32*	160	80	PA	180

*Probetas fabricadas en moldes de 150 milímetros de diámetro.

6. Informe de Ensayo

Debe incluir la identificación de la mezcla, modelo del compactador, diámetro del molde, parámetros del ensayo (temperatura, fuerza, ángulo, tipo de compactación, número de probetas), dimensiones/masa en frío (mínimo 12 horas después), procedencia de la muestra y la curva de densidad/huecos por cada giro.

das.

Los documentos de los trabajos citados se encuentran a libre disposición para su descarga en la página web de Asefma en la sección de Aleas.

4. CONCLUSIONES

Los criterios y correlaciones desarrollados en este estudio han sido tomados en consideración por el Ministerio para la redacción de los valores de energía en las últimas ediciones del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). Gracias a ello, actualmente se dispone de equivalencias normativas que permiten confeccionar probetas en la compactadora giratoria con una energía equivalente a la del método tradicional por impacto.

Es fundamental realizar un proceso exhaustivo de calibración previa de los equipos de laboratorio. La correcta regulación y puesta a punto de los parámetros iniciales de la máquina giratoria son requisitos indispensables para garantizar la repetibilidad y reproducibilidad de los resultados.

Se constata la necesidad de cumplir estrictamente con los rangos de temperatura de mezclado y compactación prescritos para cada tipo de ligante y mezcla bitu-